

PROPUESTA DE UNA ESTRATEGIA PARA LA CONSERVACIÓN DEL PÁRAMO DE SANTA INÉS

LAURA GARCÍA VÉLEZ



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
INGENIERÍA AMBIENTAL
ENVIGADO
2012**

PROPUESTA DE UNA ESTRATEGIA PARA LA CONSERVACIÓN DEL PÁRAMO DE SANTA INÉS EN EL NOROCCIDENTE MEDIO ANTIOQUEÑO

LAURA GARCÍA VÉLEZ

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniera Ambiental**

Adriana Quinchia Figueroa
Ph.D. en Ingeniería



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
INGENIERÍA AMBIENTAL
ENVIGADO
2012**

“Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo”

Albert Einstein

AGRADECIMIENTOS

Durante estos últimos años no han sido pocas las personas que me han acompañado a crecer tanto personal como profesionalmente.

Quisiera entonces partir este escrito agradeciéndoles a mis padres y a mi hermano, quienes siempre me han ayudado a ir más allá de mis sueños. A la vida le agradezco por haber puesto en mi camino a los compañeros, amigos y profesores que conocí estos años. Todo lo que aprendí y disfrute en esta etapa se lo debo a cada uno de ustedes.

En cuanto al desarrollo del presente trabajo le agradezco muy especialmente a mi asesora Adriana Quinchia, quien creyó y motivo a la realización del mismo. Agradezco también la participación de Santiago Jaramillo, María del Pilar Arroyave y Juliana Uribe, quienes tuvieron siempre la disposición de ayudarme en este proceso.

A los investigadores, a los funcionarios de Corantioquia, a los expertos consultados y a la comunidad que de alguna forma ha propiciado la protección de páramo de Santa Inés, les debo y agradezco el aprendizaje generado durante la consolidación de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
I. PRELIMINARES	13
1. Planteamiento del problema.....	13
2. Objetivos del proyecto.....	15
2.1 Objetivo General	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
3. Marco de referencia	16
3.1 Ecosistemas de alta montaña	16
3.1.1 Aspectos generales	16
3.1.2 Marco legal.....	17
3.2 Captura de carbono en suelos.....	20
3.2.1 Aspectos generales	20
3.2.2 Proceso de transformación	22
3.2.3 Estudios nacionales del ciclo del carbono en páramos húmedos.....	23
3.3 Mecanismos económicos para la protección de ecosistemas.....	24
3.3.1 Medidas basadas en la normativa.....	25
3.3.2 Instrumentos económicos	25
• Mecanismo de Desarrollo Limpio.....	27
• Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Evitada	29
3.3.3 Antecedentes en el campo forestal.....	32
II. METODOLOGÍA.....	34
III. DESARROLLO DEL PROYECTO	38

1.	Descripción física, biótica, económica y sociocultural.....	38
1.1	Aspectos físicos	38
1.2	Aspectos bióticos	47
1.3	Aspectos socioeconómicos	50
1.4	Aspectos socioculturales.....	51
1.5	Zonificación del páramo de Santa Inés	53
2.	Diagnóstico DOFA de la situación actual del páramo de Santa Inés	55
3.	IDENTIFICACIÓN de alternativas	58
3.1	Matriz DOFA (estrategias FO, DO, FA y DA)	58
3.1.1	Enfoque hacia la restauración.....	59
3.1.2	Enfoque hacia la sostenibilidad económica	59
3.1.3	Enfoque hacia la participación social	60
3.1.4	Enfoque hacia la investigación.....	61
3.2	Selección y justificación de una alternativa	61
4.	Análisis de La alternativa identificada.....	65
4.1	Diseño del monitoreo	66
4.2	Consideraciones generales de las zonas circundantes.....	68
4.3	Otras consideraciones	69
IV.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
	BIBLIOGRAFÍA.....	77
	ANEXO 1	81
	ANEXO 2	82

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Cuantificación de materia orgánica en el páramo de Santa Inés	44
Tabla 2: Porcentaje de carbono orgánico en los suelos del páramo de Santa Inés.....	45
Tabla 3: Familias de plantas con mayor diversidad en el páramo de Santa Inés	48
Tabla 4: Géneros que agrupan el mayor número de especies en el páramo de Santa Inés	48
Tabla 5: Especies más abundantes en el páramo de Santa Inés.....	49
Tabla 6: Relación predial en las áreas del páramo de Santa Inés.....	50
Tabla 7: Reglamentación de los usos del suelo en las áreas del páramo Santa Inés	54
Tabla 8: Matriz EFI	56
Tabla 9: Matriz EFE	57
Tabla 10: Estrategias identificadas	58
Tabla 11: Matriz de planificación estratégica (alternativas)	62
Tabla 12: Matriz de planificación estratégica (enfoques).....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Captura de carbono en suelos del mundo.....	21
Figura 2: Ubicación del páramo de Santa Inés respecto a Colombia, Antioquia y Medellín	38
Figura 3: Delimitación del páramo de Santa Inés.....	39
Figura 4: Sistema de Fallas del páramo de Santa Inés	42
Figura 5: Red Hidrográfica del DMI.....	46
Figura 6: Porcentaje territorial de los municipios en el área del páramo de Santa Inés....	50
Figura 7: Zonificación y ordenación ambiental del área de páramos en el DMI.....	53
Figura 8. Estimación de los cambios en las reservas de carbono	70

RESUMEN

La conservación de los ecosistemas de alta montaña es relevante en Colombia debido a que los páramos húmedos albergan una alta biodiversidad, y prestan servicios ecológicos muy importantes como lo son la regulación del ciclo hidrológico y la fijación y almacenamiento de carbono atmosférico.

Pese a las restricciones de uso que tienen estos ecosistemas es posible observar en ellos la presión ejercida por diferentes actividades económicas. El presente trabajo, responde por tanto a la necesidad de formular una estrategia de conservación, que dadas sus condiciones pueda llegar a ser ambiental, económica y socialmente viable para su aplicación en el páramo de Santa Inés en el Noroccidente Medio Antioqueño.

Para el desarrollo de este trabajo se parte con la descripción de las condiciones de la zona, lo cual permite identificar las principales amenazas y servicios ecológicos asociados. Mediante esta información y otros planes de manejo realizados para el páramo de Santa Inés se consolida un diagnóstico DOFA, que permite visualizar diferentes alternativas de conservación.

Dada la prioridad e importancia que tiene la creación de mecanismos económicos que incentiven y estimulen a los propietarios en la conservación del territorio, se decide analizar con más detalle el funcionamiento de los mecanismos de pago por servicios ambientales, relacionados con la captura de carbono en suelos de páramo.

Actualmente en el país se tienen establecidas unas bases para la aplicación de proyectos al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) o Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Evitada (REDD). En términos de conservación de ecosistemas, estas herramientas solo han sido aplicadas en bosques. No obstante, dada la importancia de otros ecosistemas, como los páramos húmedos, en la fijación y almacenamiento de carbono atmosférico es que el presente trabajo finaliza delimitando los aspectos técnicos que se deben tener en cuenta para la realización de un estudio preliminar de captura de carbono en los suelos del páramo de Santa Inés, teniendo en cuenta también el desarrollo administrativo y jurídico que ha tenido el marco REDD y el MDL en el contexto internacional y nacional.

Palabras clave: ecosistemas de alta montaña, páramo, pago por servicios ambientales, Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), Reducción por Deforestación y Degradación Evitada (REDD), estrategias de conservación, captura de carbono en suelos

ABSTRACT

The conservation of high land ecosystems is important in Colombia due to its high biodiversity and related ecological services as hydric regulation and atmospheric carbon stock.

Despite the use restrictions that these ecosystems have, it is possible to observe the pressure and impact that different economical activities had left. The present work answers to the need of formulate a conservation strategy that could be environment, economic and social viable for its application in Santa Inés high land ecosystem at North Western Antioquia department.

For the development of this work, the first activity consists in making a description of the area, which allows identifying the main threats and ecological related services. With this information and other management plans made for the area is consolidated a diagnostic DOFA, which allows observing different conservation strategies.

Due the priority and importance of creating economical mechanisms for the motivation of owners in the conservation area, the work ends analyzing with more detail the operation of payment mechanisms, related with the carbon capture in high land ecosystems.

Actually the country has established bases for Project application to the Clean Development Mechanism (CDM) or Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD). In conservation ecosystems terms, these tools had been only applied in forests. Nevertheless, due the importance of other ecosystems as highlands in the capture of atmospheric carbon, this work ends delimiting the technical aspects to consider for the realization of a preliminary study of carbon capture in Santa Inés highland ecosystem.

Key words: highland ecosystems, pay for environment services, Clean Development Mechanism (CDM), or Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD), conservation strategies, soil carbon capture.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos años, el mundo ha sido testigo de la consolidación de un mercado nunca antes imaginado. El pago por servicios ambientales ha sido solo una de las consecuencias derivadas de la preocupación a nivel mundial en torno al desarrollo sostenible, el calentamiento global y la supervivencia del planeta.

En este contexto, la posición de países como Colombia no es irrelevante. Mencionar las innumerables condiciones físicas y bióticas que hacen importante al país dentro de las dinámicas naturales del planeta sería abarcar una gran cantidad de investigaciones que por sí solas demuestran el hecho.

No obstante, estas riquezas se ven a diario amenazadas por la presencia de actividades económicas que contrarían la vocación de conservación y recuperación que tienen los diferentes ecosistemas estratégicos en el país. Este es el caso de muchos páramos húmedos, como el de Santa Inés en el Noroccidente Medio Antioqueño, cuya figura de protección no es lo suficientemente eficiente a la hora de garantizar un uso adecuado de las tierras.

En este contexto, las estrategias enfocadas al pago por servicios ambientales aparecen como una herramienta interesante para compensar a los propietarios que se ven restringidos en el uso de sus tierras. En el caso de los páramos húmedos se han logrado avances en torno a fondos del agua; sin embargo, las posibilidades que podrían otorgar los diferentes mercados de carbono consolidados a nivel mundial no han sido suficientemente exploradas.

La alta retención de carbono en los suelos de páramo, explicada por las bajas tasas de mineralización es un servicio que podría ser cuantificado y vendido mediante la emisión de certificados de reducción de gases efecto invernadero en los mercados de carbono. Para esto se requiere entonces de proyectos cuya línea base esté articulada con las metodologías ya propuestas por los proyectos MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) y REDD (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación).

Los proyectos forestales promovidos por el Protocolo de Kyoto y los mercados obligatorios de carbono han estado enfocados a la forestación y reforestación de suelos sin cobertura boscosa (MDL). No obstante, los proyectos REDD promovidos durante los últimos años por los mercados voluntarios han venido fomentando el pago por la permanencia de las reservas de carbono a través de la protección de los ecosistemas.

A pesar del reto que representaría la implementación de un proyecto de reducción de emisiones asociado al papel que juegan los suelos en los páramos húmedos, el panorama mundial en torno a la evolución de estas iniciativas es alentador. Es

probable que dentro de unos años este tipo de programas sean los más eficientes en torno a la conservación y recuperación de áreas protegidas, dado los beneficios sociales, económicos y ambientales que le pueden ser atribuidos.

I. PRELIMINARES

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gran presión ejercida sobre ecosistemas altamente vulnerables como los páramos en Colombia es una realidad preocupante. Históricamente actividades mineras, agrícolas y pecuarias han tenido gran incidencia en estas zonas. De ahí que en la actualidad sea tan difícil la implementación de las normativas e iniciativas encaminadas a la preservación de sus servicios ecológicos asociados.

La conservación de los páramos se hace relevante en Colombia debido a que el país cuenta con una extensión de 14.086 km² que conforman aproximadamente el 30% de la existencia de páramos andinos y el 1,3% de la extensión continental del país (Mecanismo de Información de Páramos, s.f). Así mismo, los páramos albergan una alta biodiversidad representada por un porcentaje considerable de endemismos, tienen también un valor paisajístico y patrimonial, y prestan servicios ecológicos muy importantes como lo son la regulación del ciclo hidrológico y la fijación y almacenamiento de carbono atmosférico (Ortiz & Reyes, 2009).

En búsqueda de preservar la oferta de servicios ambientales asociados a estos ecosistemas, el Estado Colombiano declara en el Artículo 1 de la Ley 99 de 1993 que los páramos son objeto de protección especial. De esta Ley se desprenden otras leyes, decretos y normativas que velan igualmente por su conservación.

Entre todos estos lineamientos cabe destacar la importancia que ha tenido la declaratoria de áreas protegidas como mecanismo para manejar el establecimiento de actividades que contrarían la vocación de estos ecosistemas. Dependiendo entonces del valor específico que un ecosistema tiene para el país o región existen diferentes figuras de protección.

Ejemplo de lo anterior, y por lo tanto de especial interés para el presente trabajo, lo es el Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño o el también conocido páramo de Santa Inés, el cual en jurisdicción de la Corporación Autónoma Central de Antioquia (Corantioquia) hace parte de un Distrito de Manejo Integrado (DMI) que contiene áreas de protección, producción y recuperación (Corantioquia, 2002).

Pese a las restricciones de uso que tiene el páramo de Santa Inés es posible observar en algunas franjas una tendencia a la fragmentación del ecosistema cada vez mayor por actividades de ganadería, cultivos agrícolas, prácticas de quemas para la renovación de los pastos y minería (Ramírez, 2009). Por lo anterior es

visible la necesidad de alternativas de manejo que contribuyan a la conservación y recuperación del páramo en aquellas áreas donde ha sido degradado.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La importancia del páramo de Santa Inés para la región del Noroccidente Antioqueño según sus servicios ecológicos asociados y la existencia de actividades que contrarían la vocación de protección que tiene esta zona han llevado a que Corantioquia, como corporación ambiental a cargo de este páramo promueva planes y alternativas para su conservación.

No obstante, la existencia de un plan de manejo para la zona no necesariamente implica que todas las alternativas de manejo allí planteadas se lleven a cabo, dada la falta de soporte técnico, continuidad y asignación de presupuesto. Existiendo entonces la necesidad de plantear una estrategia ambiental que sea llamativa y aplicable en el mediano y largo plazo, se propone el análisis de una estrategia de conservación, que dadas sus condiciones pueda llegar a ser ambiental, económica y socialmente viable para su aplicación en el páramo de Santa Inés.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo General

- Proponer una estrategia para la conservación del páramo de Santa Inés, ubicado en el Noroccidente Antioqueño.

2.2 Objetivos Específicos

- Describir las condiciones físicas, bióticas, económicas y socioculturales del páramo de Santa Inés mediante el estudio de diagnósticos previos en la zona.
- Diagnosticar mediante una matriz DOFA la situación actual del páramo Santa Inés.
- Identificar alternativas que favorezcan la conservación y protección del páramo de Santa Inés y posibiliten la recuperación del mismo en aquellas áreas donde ha sido degradado.
- Analizar una alternativa de manejo del páramo de Santa Inés a partir de las previamente identificadas.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Ecosistemas de alta montaña

3.1.1 Aspectos generales

Los páramos son ecosistemas de humedales alpino neo-tropicales que cubren la región más alta de los Andes del Norte, se ubican entre el límite superior del bosque aproximadamente a los 3.000 - 3.500 msnm de altitud y las nieves perpetuas (aproximadamente 5.000 msnm) (Ramírez, 2009).

Este ecosistema tiene como límites climáticos una biotemperatura media entre 6 y 12°C y un promedio anual de lluvias superior a 2.000 mm (Ramírez, 2009). Condiciones climáticas especiales como cambios meteorológicos drásticos durante un mismo día y la niebla contribuyen a que en el páramo se formen suelos volcánicos poco profundos y porosos con alto contenido de materia orgánica (Buytaert & De Bievre, s.f).

Gracias a las características fisonómicas de la vegetación es posible el aporte de la precipitación horizontal (humedad captada del ambiente por las plantas) en el ciclo hidrológico, fenómeno que llega a conformar hasta el 65% de las entradas hídricas de este ecosistema (Instituto Alexander von Humboldt, s.f). Comparado con cuencas montañosas en otras regiones, los ríos que descienden desde los páramos tienen un flujo base sostenido como un resultado de la elevada capacidad de regulación (Buytaert & De Bievre, s.f).

El piso páramo puede dividirse en tres subpisos que son: el subpáramo, el páramo propiamente dicho y el superpáramo (Ramírez, 2009). El criterio expuesto por Rangel (s.f) delimita estas zonas de acuerdo con la composición dominante de diferentes tipos de vegetación: la vegetación arbustiva desde los 3.200 hasta los 3600 msnm (subpáramo o zona de transición entre el bosque andino y el páramo), el dominio de gramíneas y espeletias desde los 3.200-3.600 hasta los 4.100 msnm (páramo) y la vegetación rupícula y suelo desnudo en el superpáramo, ubicado por encima de los 4.100 msnm (Instituto Alexander von Humboldt, s.f).

El suelo del páramo es de origen volcánico. El aluminio de la ceniza volcánica y la materia orgánica se combinan para formar vesículas muy resistentes a la descomposición por la edafofauna o fauna del suelo. Estos complejos se llenan de agua, siendo ésta retenida por un periodo relativamente largo y liberada lenta y constantemente. Así, el páramo no debe considerarse un productor de agua, sino un recogedor de ella y un regulador de su flujo (Mecanismo de Información de Páramos, s.f).

De igual forma los suelos del páramo son ricos en materia orgánica con alta acidez y bajos niveles de descomposición (Instituto Alexander von Humboldt, s.f).

Estos bajos niveles de descomposición se deben principalmente a las bajas temperaturas y altas humedades, las cuales contribuyen a que haya una alta retención de materia orgánica. Por ello, la cantidad total de carbono almacenada por hectárea de páramo es muy alta (Mecanismo de Información de Páramos, s.f).

Así mismo el páramo húmedo es un ecosistema florísticamente único y extremadamente diverso. Ecológicamente es un ecosistema frágil y de lenta recuperación a las perturbaciones, ya que las plantas al estar adaptadas a una baja presión atmosférica, a una intensa radiación ultravioleta y a unos rápidos cambios en la radiación (rápida absorción y pérdida de calor) poseen un crecimiento muy lento (Ramírez, 2009).

En Los Andes los páramos se extienden desde la Depresión de Huancabamba en el norte del Perú hasta la Cordillera de Mérida en Venezuela. Según las últimas investigaciones, existe una superficie total de páramos andinos que asciende a más de 46.000 km², de los cuales 14.086 km² se encuentran en Colombia, 18.435 km² en Ecuador, 11.364 km² en Perú, y 2.405 km² en Venezuela (Mecanismo de Información de Páramos, s.f).

3.1.2 Marco legal

El deber de la nación Colombiana de proteger los ecosistemas estratégicos y los recursos naturales se consigna en la Constitución de 1991 cuando se dice que:

Artículo 79: *“Es deber del Estado proteger la biodiversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”.*

Artículo 80: *“El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.*

Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”.

De igual forma la responsabilidad del Estado respecto a los páramos es visible en el Decreto-Ley 2811 de 1974 cuando se menciona que:

Artículo 45: *“Se zonificará el país y se delimitarán áreas de manejo especial que aseguren el desarrollo de la política ambiental y de recursos naturales. Igualmente, se dará prioridad a la ejecución de programas en zonas que tengan graves problemas ambientales y de manejo de los recursos”.*

Por otra parte este Decreto promueve también los incentivos económicos según la existencia de programas que fomenten la conservación, mejoramiento y

restauración del ambiente y de los recursos naturales renovables (Artículo 13); al igual que condiciona la realización de actividades que puedan ocasionar el deterioro de los recursos o la alteración de un ecosistema según la forma que produzca el mayor beneficio en comparación con el daño que puedan causar en lo ecológico, económico y social (Artículo 45).

Se hace claro entonces que fundamentarse en la vocación que tiene un suelo según sus valores económico y ambiental se convierte en el primer paso para una adecuada zonificación y por ende en el pilar fundamental para el desarrollo de las actividades y/o programas que tendrán lugar allí.

Es así entonces como el principio consagrado en el Artículo 1 de la Ley 99 de 1993 que dice que, *“las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial”*, sumado a la necesidad de una zonificación adecuada, se convierte en el detonante de leyes, decretos y resoluciones que velan por la protección prioritaria y aprovechamiento en forma sostenible de los páramos.

El Convenio sobre Diversidad Biológica, aprobado por la Ley 165 de 1994 dicta la necesidad de establecer un sistema de áreas protegidas y elaborar directrices para la selección, establecimiento y ordenación de las áreas protegidas y promueve la protección-conservación de estos ecosistemas y desarrollo ambientalmente sostenible en zonas adyacentes según la utilización sostenible de sus recursos naturales.

Frente al esquema de áreas protegidas, el Decreto 2372 de 2010 establece en el artículo 29 que los ecosistemas estratégicos como las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos deben protegerse por las autoridades competentes bajo alguna de las categorías de manejo previstas en el decreto: Parques Nacionales Naturales, Reservas Forestales Protectoras, Parques Nacionales Regionales, Distritos de Manejo Integrado, Distritos de Conservación de Suelos, Áreas de Recreación y Reservas Naturales de la Sociedad Civil.

Los estudios técnicos y económico-sociales son los que precisan en cada caso concreto, cuál de las categorías es la más apropiada para la conservación de un determinado páramo. Esto teniendo en cuenta que cada área de manejo especial tiene características propias que implican un régimen jurídico aplicable y un nivel de protección diferente (Ponce, s.f).

De acuerdo con el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010, un Distrito de Manejo Integrado es un espacio geográfico, en el que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada. Los valores naturales y culturales asociados a la zona se ponen al alcance de la

población humana para destinarlos a un uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento o disfrute.

Mediante el Acuerdo 282 de 2007 de Corantioquia, el “Sistema de Páramos y Bosques Alto Andinos del Noroccidente Medio Antioqueño” (área donde se encuentra inmerso el páramo de Santa Inés) es declarado, reservado y alindado como un Distrito de Manejo Integrado. Posteriormente, el Acuerdo 358 de 2010 modifica el límite del área de protección y aprueba el Plan Integral de Manejo del Distrito, regulando así el aprovechamiento, desarrollo, preservación, recuperación, protección y manejo de los recursos naturales renovables y demás actividades ambientales en la zona.

Este plan zonifica y establece las restricciones y actividades a llevar a cabo en cada una de las áreas delimitadas (zona de oferta de bienes y servicios ambientales, zona con potencial de oferta de bienes y servicios ambientales y zona de producción agropecuaria sostenible).

La Ley 1450 de 2011, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 estipula en el artículo 202 que los ecosistemas de páramos y humedales deben ser delimitados a escala 1:25.000 con base en estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales adoptados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial o quien haga sus veces. Es así como Corantioquia elabora y formula el Plan de Manejo Ambiental del Páramo de Santa Inés (Acuerdo 408 de 2012), con base en los lineamientos de las Resoluciones 0769 de 2002 y 0839 de 2003 del Ministerio de Medio Ambiente.

Al primar el uso para la conservación en los páramos es que quedan excluidas actividades agropecuarias, mineras y forestales diferentes a las enmarcadas dentro del concepto de restauración ecológica (Ponce, s.f). La prohibición de la minería en páramos se sustenta en el artículo 3 del Código Minero (Ley 1382 de 2010) que menciona como zonas excluibles de explotación minera aquellas que integren el sistema de Parques Nacionales Naturales, Parques de Carácter Regional, Zonas de Reserva Forestal Protectora y demás Zonas de Reserva Forestal, ecosistemas de páramo y los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la Convención Ramsar. De igual forma la sentencia C-339 de 2002 de la Corte Constitucional aclara que las zonas de exclusión de la actividad minera no se limitan a las anteriores, sino que pueden existir otras declaradas con anterioridad o que se declaren en futuro por la autoridad ambiental (Instituto Alexander von Humboldt, s.f).

Otras regulaciones relacionadas con estos ecosistemas son el Decreto 1541 de 1978 (de la reglamentación de las normas relacionadas con el recurso agua), el Decreto 1729 de 2002 y el Decreto 1640 de 2012, los cuales reglamentan el ordenamiento de las cuencas hidrográficas y los instrumentos para su planificación, ordenación y manejo respectivamente.

Por otra parte teniendo en cuenta la vulnerabilidad del páramo a los efectos del cambio climático y su importancia como sumidero de carbono es posible asociar dentro del marco legal el compromiso del país con acuerdos a nivel internacional como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto.

Finalmente las ratificaciones del Tratado de Washington sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestres en Peligro de Extinción, de la Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural de la Unesco y del Acuerdo de Integración Subregional Andino-Acuerdo de Cartagena, son muestra del compromiso adquirido por el país para la protección de los páramos según su valor patrimonial.

3.2 Captura de carbono en suelos

3.2.1 Aspectos generales

El carbono cumple un papel fundamental en los procesos fisicoquímicos y biológicos del planeta a través del ciclo del carbono. En los ecosistemas terrestres los procesos de captura y emisión de carbono hacen parte de un sistema de tres reservorios (vegetación, materia en descomposición y suelos) estrechamente interrelacionados, que tienen a su vez tiempos de residencia y flujos asociados muy diferentes (De Petre, Ola Karlin, Ali, & Reynero, s.f).

Mediante el intercambio de carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración se da el almacenamiento de carbono en la biomasa y en los suelos. Según Sentis (1994), citado en (García Pontilla, 2003), los suelos contienen alrededor de tres veces más reservas de carbono orgánico que la biomasa vegetal y el doble del carbono contenido en la atmósfera.

Numerosas investigaciones han estimado la cantidad de carbono almacenado en los suelos como parte de la materia orgánica. Se habla entonces de reservas de 1.400 Gt (1Gt= 10¹⁵ g) a nivel mundial (De Petre, Ola Karlin, Ali, & Reynero, s.f). En el mismo contexto se sabe que parte del carbono almacenado por los bosques se encuentra en los suelos: según distintas fuentes, el suelo de los bosques almacenta entre 1.5 (US Environmental Protection Agency) y 2.5 (IPCC 1994) veces más carbono que la vegetación. No obstante, dependiendo de ciertas características asociadas a los ecosistemas (temperatura, humedad y pH principalmente) la acumulación de materia orgánica transcurrirá a una velocidad diferente. En la

Figura 1, elaborada a partir del inventario mundial de potenciales de emisión de suelos (WISE), se ilustra la distribución del contenido de carbono en los suelos del mundo.

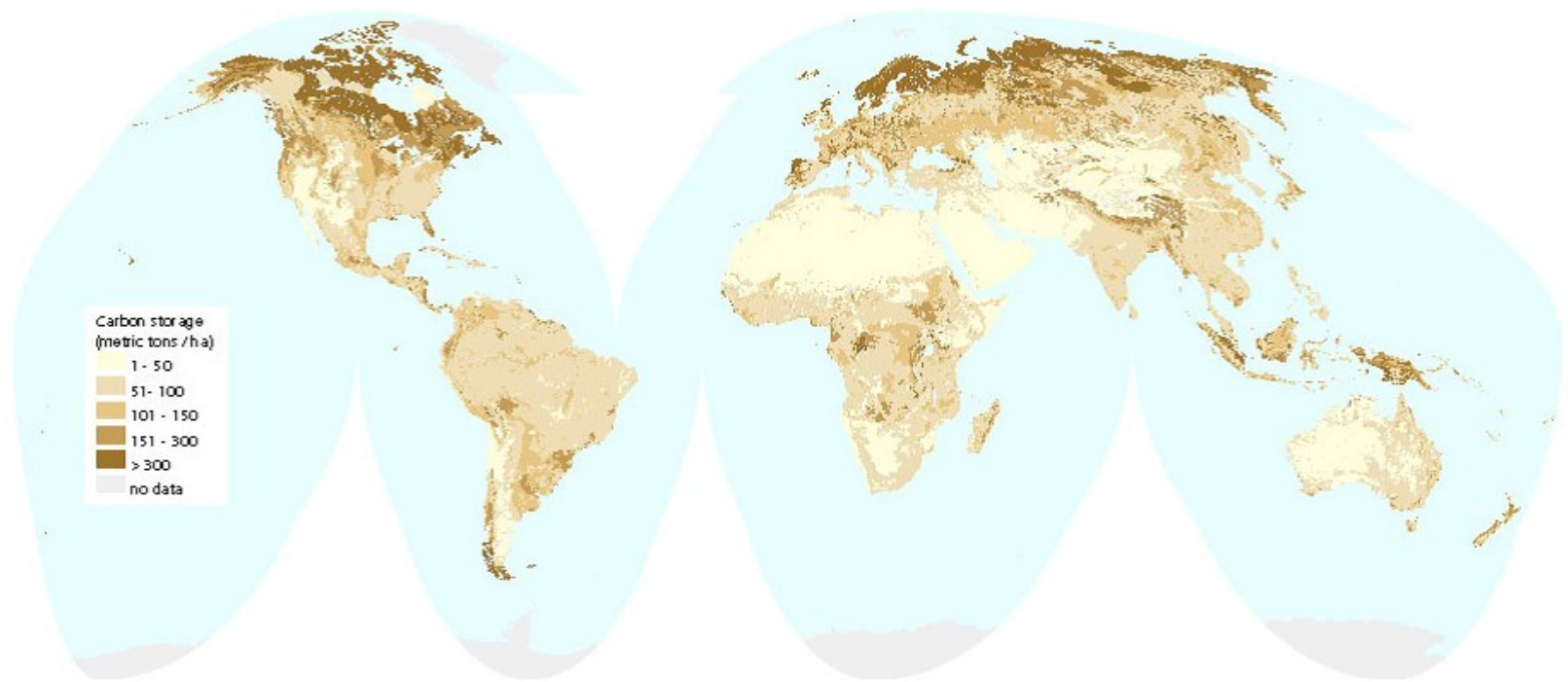


Figura 1: Captura de carbono en suelos del mundo
Fuente: Pilot analysis of global ecosystems (Matthews, Payne, Rohweder, & Murray, 2000)

En la Figura 1 se observa que la región norte del continente Suramericano presenta valores de acumulaciones de carbono superiores a las 51 ton/ha; presentando mayores almacenamientos en la región correspondiente a la cordillera de los Andes Colombianos.

Lo anterior se debe a que la acumulación de la materia orgánica es mayor a medida que disminuye la temperatura (bajo condiciones aeróbicas). Por otra parte, bajo condiciones anaeróbicas ocurre acumulación aún hasta temperaturas próximas a 40°C (García Pontilla, 2003). De esta forma es posible afirmar que en los páramos húmedos, tanto en zonas anaeróbicas (relieves cóncavos) como aeróbicas (relieves convexos) ocurre una acumulación de materia orgánica relevante comparada con suelos en posiciones más bajas.

3.2.2 Proceso de transformación

La materia orgánica en los suelos está constituida por restos vegetales y organismos que están sometidos a un constante proceso de transformación y síntesis. Estos restos caen al suelo, se acumulan y comienzan a destruirse mecánicamente por animales que reducen su tamaño y lo mezclan con la fracción mineral (Facultad de Ciencias Exáctas y Naturales, UNLPam, s.f).

Posteriormente los microorganismos edáficos transforman los residuos orgánicos por polimerización a sustancias amorfas, de color oscuro, de alto peso molecular, de carga negativa y de carácter ácido, las cuáles van constituyendo un conjunto muy complejo de compuestos orgánicos coloidales denominado humus (proceso de humificación), cuya evolución o transformación varía según las propiedades del suelo. Así mismo, en estas transformaciones se van desprendiendo moléculas inorgánicas que son luego liberadas a la atmósfera o absorbidas por las plantas (proceso de mineralización) (Facultad de Ciencias Exáctas y Naturales, UNLPam, s.f).

En el componente orgánico del suelo existen por tanto tres fracciones principales, las cuales son: los residuos de vegetación en descomposición y la correspondiente biomasa que se renuevan al menos en algunos años, los metabolitos microbianos y constituyentes de la pared celular que llegan a estabilizarse en el suelo y tienen una vida media de 5 a 25 años, y las fracciones resistentes o sustancias húmicas (Bohn, McNeal, & O'Connor, 1993).

Dependiendo entonces de las características de un ecosistema en específico (clima, vegetación, topografía, roca madre) predominará la humificación o la mineralización. La humificación, es por tanto, el proceso responsable de la acumulación de la materia orgánica en los suelos y proceso predominante en los suelos de los páramos húmedos, que forma compuestos húmicos con una vida media de cientos a miles de años.

En suelos minerales se ha estimado que entre 65 al 75% de la materia orgánica consiste de materiales húmicos, el resto se compone de polisacáridos y sustancias proteicas no totalmente modificadas. Las sustancias húmicas están conformadas por un núcleo principal de carácter aromático (benceno, naftaleno, antraceno, furano, etc.) que está unido en su periferia a grupos radicales o funcionales, como los grupos carboxílico y fenólico (ácidos).

Entre las características más importantes de las sustancias húmicas está la formación de complejos solubles o insolubles con diferentes iones metálicos y sustancias minerales u orgánicas. Las diversas fracciones de humus obtenidas según sus solubilidades diferentes son parte de una mezcla heterogénea de moléculas que varían en peso molecular desde valores bajos hasta más de 300.000 (Bohn, McNeal, & O'Connor, 1993).

Según su comportamiento frente a reactivos extractantes (ácidos y álcalis), las sustancias húmicas se pueden diferenciar en ácidos húmicos (solubles), ácidos fúlvicos (solubles) y huminas (insolubles).

3.2.3 Estudios nacionales del ciclo del carbono en páramos húmedos

En general los estudios realizados en suelos de páramos húmedos en el país documentan promedios de porcentaje de carbono total en el suelo. Esto se debe a que los trabajos en su mayoría no han estado orientados hacia la captura de carbono en suelos, sino hacia la determinación de diferentes características de los suelos que son relacionadas con el tipo de vegetación.

No obstante, existen unas pocas publicaciones como el Protocolo para el Monitoreo del Ciclo de Carbono en Ecosistemas de Alta Montaña (publicado en el año 2011 por el IDEAM) que documenta experiencias específicas en la determinación de captura de carbono.

En esta publicación se establecen diferentes condiciones a tener en cuenta a la hora de realizar estos estudios, tales como:

- Unidad de estudio: cuenca.
- Criterios de elección del área a estudiar: facilidad de acceso, disponibilidad de estudios previos, pendientes, usos del suelo.
- Área mínima para el monitoreo: 2 hectáreas (parcelas de 20*25 m y transectos de 100m).
- Método de muestreo en campo: cilindro.
- Métodos para determinación de materia orgánica en laboratorio: combustión-calcinación, oxidación y fraccionamiento de carbono (carbono

total, carbono extractable, carbono no extractable, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, huminas).

Así mismo, en este protocolo se describen dos casos de aplicación llevados a cabo en el Parque Nacional Natural de los Nevados y en el Parque Nacional Natural Chingaza. En ambos estudios se comparan las cantidades de carbono orgánico encontradas en áreas de páramo sin intervenir con áreas intervenidas durante los años 2007, 2009 y 2010, reportando mayores acumulaciones de carbono total en las zonas no intervenidas. Finalmente el trabajo recomienda para futuros estudios un número de parcelas que obedezca a un diseño estadístico (IDEAM, 2011).

Durante el año 2003 se llevó a cabo en el páramo de Chingaza un estudio que consistió en comparar las ganancias asociadas a un cultivo de papa establecidas en la zona vs las posibles ganancias que podrían obtenerse en caso de la aplicación de un mecanismo de desarrollo limpio- MDL enfocado a conservar la zona. Para este propósito se determinó inicialmente el contenido de materia orgánica, la cual se conforma por una fracción liviana o lábil que durante su descomposición emite al medio carbono representado en CO₂ y metano, y una segunda fracción conformada por un material de alto peso molecular que representa en gran medida la porción de carbono que puede quedar fijo en el suelo.

La cantidad de carbono orgánico presente en la fracción liviana del mantillo y del suelo fue determinada por calcinación (método de Walckley & Black) y por colorimetría, encontrando que correspondía al 20% del carbono contenido en los suelos del páramo de Chingaza. Por último, el documento finaliza concluyendo que los ingresos de un MDL asociados a evitar estas emisiones no superarían los ingresos percibidos por los cultivos.

3.3 Mecanismos económicos para la protección de ecosistemas

No son pocos los actores que tienen un papel relevante para alcanzar las metas ambientales propuestas en pro de conseguir una determinada calidad de los servicios ecológicos de la biosfera. Para esto se hace necesario que los agentes implicados en el proceso de degradación ambiental modifiquen su comportamiento, de forma que se alcancen estos objetivos. Sin embargo, no se trata únicamente de alcanzar determinadas metas de calidad ambiental, sino de lograrlas en condiciones aceptables: es decir, sin hacer pagar a la sociedad un precio excesivo por ello (Azqueta, Alviar, Domínguez , & O'Ryan , 2007).

En este panorama, la sociedad civil, las empresas y el Estado tienen un rol importante en la formulación de políticas ambientales persuasivas que sugieren a los sectores afectados para que analicen la posibilidad de alcanzar acuerdos

voluntarios con respecto a la consecución de determinados objetivos ambientales, así como la invitación a cambiar determinados estilos de vida y consumo (Azqueta, Alviar, Domínguez , & O'Ryan , 2007).

Además de las posibilidades anteriores, el administrador público cuenta con la capacidad de implementar otras posibles medidas. La primera, cuya importancia no puede desconocerse es la provisión de información, tanto a las empresas como a los consumidores sobre posibles posibilidades tecnológicas, insumos alternativos, sustituibilidad en el consumo, etc. (Azqueta, Alviar, Domínguez , & O'Ryan , 2007).

No obstante, agotadas estas posibilidades, la administración pública puede verse obligada a intentar modificar el comportamiento de los agentes causantes del deterioro ambiental utilizando medidas que introduzcan un mayor grado de coerción. Entre estas alternativas se tienen: aquellas basadas en la normativa y los denominados instrumentos económicos (Azqueta, Alviar, Domínguez , & O'Ryan , 2007).

3.3.1 Medidas basadas en la normativa

Estas medidas están basadas en el enfoque denominado “regulación y control”, por lo cual suponen la imposición de una determinada normativa que afecta a todos los agentes implicados por igual. Estas normas pueden ser de diferentes tipos como: estándares sobre productos, normas sobre utilización de recursos naturales, estándares que regulan procesos productivos y normas de planificación y ordenación del territorio. Las normas sobre utilización de recursos naturales regulan el acceso, la captación y la utilización de determinados recursos naturales, tanto renovables como no renovables. Mientras las normas de planificación y ordenación del territorio reglamentan el tipo de actividades que pueden desarrollarse en un determinado territorio y las condiciones bajo las que estas pueden llevarse a cabo (Azqueta, Alviar, Domínguez , & O'Ryan , 2007).

Este tipo de normativa ambiental busca por tanto garantizar la consecución de determinados objetivos ambientales. Sin embargo, no toma en cuenta la eficiencia o grado de consecución de dicho objetivo con el coste que ello ha supuesto (Azqueta, Alviar, Domínguez , & O'Ryan , 2007).

3.3.2 Instrumentos económicos

Estas medidas permiten al agente afectado elegir entre degradar el medio, pagando un precio por ello; o, en su caso, no hacerlo, y recibir la recompensa económica correspondiente. Pueden agruparse a su vez en dos grandes grupos: instrumentos basados en la actuación vía precios e instrumentos basados en la creación de mercados (Azqueta, Alviar, Domínguez , & O'Ryan , 2007).

Los instrumentos basados en la actuación vía precios introducen un precio ligado a la conducta que se quiere favorecer o desestimular (Azqueta, Alviar, Domínguez , & O'Ryan , 2007). En el caso colombiano destacan las tasas ligadas a disminuir los niveles de contaminación cobrando respectivamente por la utilización indirecta de la atmósfera, agua y suelo para introducir o arrojar emisiones, vertimientos y descargas dentro de los límites permitidos (tasas retributivas) y las tasas compensatorias que tienen como finalidad garantizar los gastos de mantenimiento de los recursos hídricos, de fauna y flora (tasas por utilización del agua, tasas de aprovechamiento forestal y tasas de aprovechamiento de fauna silvestre) (Grisales Botero, 2001).

Como subvenciones, créditos blandos o desgravaciones fiscales destacan la deducción de IVA para tecnologías limpias, la exención del impuesto predial para los propietarios de predios privados en zonas ecológicamente estratégicas que se comprometen a mantener sus predios con cobertura boscosa u otros ecosistemas naturales y los certificados de incentivo forestal.

Mediante la Ley 1151 de 2007, el Ministerio de Medio Ambiente asume la responsabilidad de desarrollar un conjunto de instrumentos económicos y financieros para incentivar el conocimiento, conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Bajo este esquema de pago por servicios ambientales se destacan iniciativas locales que han formulado e implementado experiencias de pago por servicios ambientales hídricos, entre ellos los desarrollados por CIPAV (centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria) en la región cafetera, PROCUENCA en Manizales, el Instituto Humboldt en el departamento de Boyacá, y la Corporación Ecovera en la región del Guavio, entre otras. No obstante, aún es necesario fortalecer las instituciones del Sistema Nacional Ambiental en su papel frente a la implementación de ejercicios de este tipo y en su papel en el acompañamiento y seguimiento de proyectos de carbono forestal (García Guerrero, Ortega, Ruíz Agudelo, Sabogal Mogollón, & Vargas, 2010).

Por otra parte, los instrumentos basados en la creación de mercados establecen determinadas reglas del juego con respecto a la calidad ambiental. En el caso de las emisiones de gases efecto invernadero, se han establecido unos permisos de emisión que son negociados en el mercado de carbono. Los países firmantes del Anexo B del Protocolo de Kyoto pueden vender o comprar entre ellos estos créditos de emisión y/o invertir en Proyectos de Implementación Conjunta en los países pertenecientes a la antigua Unión Soviética y a Europa Oriental o proyectos enmarcados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Bajo este panorama Colombia ha desarrollado todo un marco legal que ha propiciado proyectos de forestación y reforestación en ecosistemas estratégicos. Se sintetiza entonces a continuación una breve historia de estos incentivos, aclarando su funcionamiento bajo las políticas internacionales y nacionales.

- **Mecanismo de Desarrollo Limpio**

Con el fin de participar de los esfuerzos mundiales encaminados a la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias peligrosas en el sistema climático, Colombia mediante la Ley 164 de 1994 ratifica la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (UNFCCC por su sigla en inglés).

Luego de la tercera Conferencia de las Partes de la UNFCCC, realizada en Kyoto (Japón), Colombia adopta el Protocolo de Kyoto mediante la Ley 629 de 2000, la cual contiene los objetivos y principios de la Convención asociados al establecimiento de metas cuantificadas de reducción de emisiones para países desarrollados y países en transición hacia una economía de mercado (García Guerrero, Ortega, Ruíz Agudelo, Sabogal Mogollón, & Vargas, 2010).

Durante la última reunión de las partes de la UNFCCC se negoció una prórroga hasta el 2015 para el cumplimiento de las metas que ya habían sido fijadas para el 2012. Se espera entonces para los próximos años el establecimiento de nuevas metas de reducción de emisiones que garantizarán la prevalencia de este mecanismo (Vallejo Rendón, 2012).

El MDL permite a los países industrializados y a las empresas con compromisos de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) invertir en proyectos de generación de reducciones de emisiones GEI en países en desarrollo, como complemento a la reducción de emisiones o captura que deben realizar en sus propios países.

Esta inversión se realiza a través de la compra de Certificados de Reducción de Emisiones (CERs, equivalentes a una tonelada métrica de carbono equivalente), los cuales son emitidos por la junta directiva del MDL según las reducciones de emisiones certificadas que generan los diferentes proyectos permitidos por los acuerdos de Marrakesh. Entre estos proyectos aplica la reforestación y forestación en tierras que no cumplen con la definición de bosque desde 1999 (criterios para Colombia: 30% de cobertura, 5 metros de altura, parcelas de al menos una hectárea y cualquier especie forestal siempre y cuando no se trate de especies exóticas invasivas o genéticamente modificadas) (Vallejo Rendón, 2012). Así mismo, aplican proyectos industriales que mediante el uso de tecnologías disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero.

Mercados Obligatorios

Mediante la Resolución 2734 de 2010 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia establece el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio - MDL y se dictan otras disposiciones. Para esto los proyectos deben formularse y diseñarse según los parámetros establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y las instancias internacionales del protocolo de Kyoto. Lo que finalmente evalúa la autoridad nacional ambiental es la contribución del proyecto al desarrollo sostenible del país, mediante la forma como éste fomenta las externalidades benéficas (protección de cuencas, conservación de la biodiversidad, eficiencia energética y generación de empleo), cumple con el marco normativo sectorial vigente y potencia o previene los impactos positivos y negativos respectivamente.

Adicional a los requisitos que debe cumplir un proyecto para ser aprobado bajo el marco MDL, los proyectos forestales aplicables a este mecanismo (forestación y reforestación, sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles y plantaciones dendroenergéticas) deben demostrar un cumplimiento con el ordenamiento jurídico nacional y regional en materia de las actividades forestales propuestas. Así mismo, los proyectos deben: estar registrados ante las Corporaciones Autónomas Regionales o el Ministerio de Agricultura (según el caso), se debe considerar su compatibilidad con las minorías étnicas (en caso de desarrollarse en estos territorios), demostrar el derecho a uso de la tierra, garantizar la no conversión de bosques naturales a plantaciones y describir la inclusión de actividades de conservación o restauración ecológica.

Luego de la aprobación por parte del Ministerio, el proyecto pasa a ser validado por una entidad operacional acreditada que determina si este cumple con las modalidades y procedimientos establecidos por las instancias internacionales para el MDL. Los criterios que se tienen en cuenta para esta aprobación son: el cálculo de las reducciones o capturas de carbono, el diseño del plan de monitoreo, los impactos ambientales asociados, las fuentes de financiación y el papel de cada una de las partes.

Una vez el proyecto se valida, la entidad operacional solicita su registro ante la Junta Ejecutiva del MDL. Obtenido el registro y la aprobación, el proyecto comienza a monitorear las reducciones de GEI, las cuales son luego verificadas y certificadas por la entidad operacional, quien procede ante la Junta para la expedición de los certificados de emisiones respectivos.

Mercados Voluntarios

Adicional a los mercados regulados de carbono existen mercados voluntarios que pueden ser jurídicamente vinculantes como el Chicago Climate Exchange – CCX,

y no vinculantes y al detal, conocido como Over The Counter - OTC. Estos mercados se ajustan a estándares metodológicos desarrollados por empresas certificadoras o instituciones reconocidas a nivel internacional que les dan seguridad a los compradores de las reducciones por las cuáles están pagando. Entre estos compradores se encuentran las empresas e instituciones (ayuntamientos o distintos estados de Estados Unidos por ejemplo), que si bien no están obligadas por el Protocolo, quieren cumplirlo voluntariamente o mejorar su imagen corporativa (García Guerrero, Ortega, Ruíz Agudelo, Sabogal Mogollón, & Vargas, 2010).

Según Hamilton (2007), citado por García et al (2010), al comparar los mercados voluntarios con los obligatorios se encuentra que en los primeros existe una mayor proporción de proyectos forestales que en los obligatorios. Así mismo, a pesar de que los mercados voluntarios son mucho menores en términos del carbono tranzado estos han presentado un crecimiento importante en los últimos años y un porcentaje relevante en lo que corresponde a los proyectos ubicados en América del Sur. En el caso de Colombia estos mercados no se encuentran regulados por normatividad nacional, por lo cual solo se cuenta con inventarios de proyectos forestales que han aplicado a mercados obligatorios (Bejarano & Castañeda Pinzón, 2011).

A pesar de que el Mecanismo de Desarrollo Limpio se ha visto consolidado durante la última década cada vez son más las tendencias hacia la formulación de otras opciones de compensación de emisiones, que si bien todavía no tienen aceptación dentro de los mercados obligatorios han comenzado a ser valoradas dentro de los mercados voluntarios. Entre estos proyectos se encuentran aquellos que se diferencian de otros proyectos según impactos positivos adicionales a la reducción de emisiones y aquellos proyectos que promueven la reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD).

- **Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Evitada**

En años recientes, los proyectos de reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD) han generado mucha discusión e interés a nivel internacional. Lo anterior se debe a que las emisiones causadas por la deforestación y degradación representan un 20% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero. Siendo entonces esta fuente de emisión la segunda más importante luego de los combustibles fósiles, se hace necesario promover iniciativas que mediante la conservación de los ecosistemas reduzcan las emisiones de GEI al mantener intactas las reservas de carbono de los bosques (García Guerrero, Ortega, Ruíz Agudelo, Sabogal Mogollón, & Vargas, 2010).

Desde el año 2000 el tema de deforestación evitada ha sido discutido en las negociaciones internacionales. Durante el año 2005, en el marco de la decimoprimer conferencia de las partes (COP 11) realizada en Montreal, los

representantes de Costa Rica, Papúa Guinea y otros países plantearon la necesidad de un mecanismo que apuntara a la reducción de emisiones por deforestación en los países en vía de desarrollo. Para el 2007, en la decimotercer conferencia de las partes, el tema pasó del ámbito técnico a estar incluido en las políticas internacionales e incentivos. Entre estos incentivos se destaca el Fondo Cooperativo de Carbono Forestal del Banco Mundial, que ha venido apoyando desde el 2008 a diferentes países (entre ellos Colombia) en la fase de aprestamiento para el desarrollo de proyectos REDD.

Aunque la inclusión de estos objetivos dentro del mercado de carbono obligatorio aún está en discusión en la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, ya existen iniciativas y estándares para el diseño de este tipo de proyectos a nivel nacional y sectorial. Dentro de estos estándares resalta el VCS (Verified Carbon Estandar) y el CarbonFix, bajo el cual varias metodologías para diferentes proyectos tipo REDD ya han sido aprobadas e implementadas en los mercados voluntarios (Vallejo Rendón, 2012).

Por otra parte, la mesa REDD Colombia, ya ha dado un poco más de claridad respecto a las modalidades, procedimientos y metodologías a utilizar para el establecimiento de estos proyectos. Como primer paso, el país ha decidido adoptar un esquema REDD subnacional debido a que las características sociales, económicas y ambientales de los diferentes territorios del país suponen una dificultad en la imposición de compromisos nacionales y un retraso en el acceso a fondos por parte de las comunidades que ya están listas para trabajar en el esquema.

Se han venido fortaleciendo entonces las capacidades de monitoreo de la cobertura forestal y los cambios de uso del suelo, definiendo para cada una de las actividades elegibles un marco genérico o metodologías a adoptar. La mesa REDD Colombia apoya la inclusión de todas las actividades propuestas dentro del marco REDD, las cuales son: reducción de emisiones derivadas de la deforestación (cambio en el uso del suelo), reducir emisiones de la degradación forestal, conservación de sumideros de carbono, manejo sostenible de los bosques y fortalecimiento de los sumideros (GOFC GOLD, 2010).

En la publicación “Deforestación evitada: una guía REDD + Colombia” (2010) se da claridad de cada una de estas actividades. Para proyectos de deforestación se ilustra la necesidad de contar con un sistema de monitoreo (sensores remotos, inventario forestal) que permita establecer la línea base sobre la cual se compararán los cambios de las reservas de carbono. En cuanto a la degradación señala que su medición implica una mayor necesidad de revisiones en campo, lo cual puede traducirse en la no viabilidad del proyecto. La restauración es vista como una actividad complementaria en la medida que añade toneladas certificables bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio, mientras la conservación de

las reservas de carbono se cuestiona desde el riesgo que tienen las mismas de permanecer en el tiempo.

En términos generales se han establecido las siguientes bases para la formulación de los proyectos REDD: consulta de reglamentación vigente, desarrollo de un estudio de línea base (tasas históricas de deforestación y carbono asociado a las mismas), estudio de las características socioeconómicas de la región, estimación de los beneficios sociales y ambientales obtenidos con el proyecto, y un análisis de costo-eficiencia del mismo. Al igual que los proyectos MDL, los proyectos REDD requieren de un monitoreo de las reducciones de carbono validadas por un tercero certificado.

A pesar de las ventajas existentes en torno a los proyectos REDD aún existen muchos debates en torno al mismo. En primer lugar REDD+ comienza a captar atención como un enfoque que además de reducir las emisiones por deforestación y degradación forestal, incluye el manejo o mejoramiento de las existencias de carbono forestal (mediante sistemas de manejo por ejemplo). Bajo este enfoque se pretende entonces asegurar la incidencia sobre las comunidades generando co-beneficios sociales y ambientales.

Por otra parte la inclusión de proyectos que involucren de alguna forma la definición de “bosque” en el marco de la mitigación del cambio climático son también posibles, tales como lo son los sistemas agroforestales, los silvopastoriles o los humedales (Vallejo Rendón, 2012). Según esto existe una alta probabilidad para que a futuro se desarrollen metodologías REDD para la inclusión de ecosistemas que albergan altas cantidades de carbono como lo son los páramos húmedos.

Finalmente, la principal característica que se tiene en cuenta para la aprobación de un mecanismo REDD lo es el riesgo claro y demostrable de que el ecosistema se va a deforestar o degradar en los próximos años. Por esto la línea base debe otorgar la información de la forma como el incentivo previene la deforestación o degradación en los años subsecuentes. Así mismo, es importante considerar que no se recibirán créditos de carbono por el carbono almacenado en toda la extensión del bosque, sino por aquel carbono que se logró evitar que se perdiera como resultado de las actividades de conservación realizadas. Esto mediante un proceso de monitoreo y verificación que se hace periódicamente sobre las áreas del proyecto (Vallejo Rendón, 2012).

3.3.3 Antecedentes en el campo forestal

Aunque Colombia ha mostrado significativos avances en el desarrollo de iniciativas que responden a los objetivos del Protocolo de Kyoto bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio y los proyectos REDD, el sector forestal no ha sido el más aventajado respecto a otros sectores, que como el industrial, el de energía y residuos, han logrado suscribir una mayor cantidad de proyectos para obtener recursos (Bejarano & Castañeda Pinzón, 2011).

Para el 2011 el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible sólo registraba 16 proyectos forestales en su portafolio de Mecanismo de Desarrollo Limpio. Respecto a los proyectos forestales que han aplicado en el mercado voluntario aún no se tienen datos específicos; esto debido a que no se tiene una regulación nacional para este tipo de proyectos (Bejarano & Castañeda Pinzón, 2011).

No obstante, si es posible afirmar que las iniciativas forestales que le apuntan a la obtención de beneficios de este tipo son mayores de parte de fundaciones y empresas privadas. La Fundación Natura por ejemplo ofrece a través de su página web información acerca de proyectos que se encuentran en validación en el mercado voluntario y le apuntan a la reforestación permanente de tierras que han sido degradadas. Entre estos proyectos existen dos que se encuentran en validación para su registro bajo el estándar de carbono voluntario (VCS por sus siglas en inglés), y que también están aplicando para el estándar clima, comunidad y biodiversidad (CCB), el cuál además de certificar los beneficios para la biodiversidad y la integración de las comunidades vecinas, es el más estricto para proyectos de forestación (Bejarano & Castañeda Pinzón, 2011).

El primer proyecto forestal en Suramérica que alcanzó el registro VCS (Carbono Estándar Verificado) y la validación y verificación del Estándar de Clima, Comunidad y Biodiversidad (CCBS) fue uno llevado a cabo en el municipio de Cáceres (Antioquia) por Asorpar Ltda. y South Pole Ltd. Este proyecto incluyó la reforestación y restauración de 11.000 hectáreas, de las cuáles se han obtenido ganancias por las reducciones de CO₂ asociadas.

En el caso de proyectos relacionados con páramos húmedos destaca la iniciativa promovida por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB que ha presentado estudios de factibilidad para el desarrollo de un proyecto MDL forestal en el corredor de conservación Chingaza-Sumapaz-Guerrero. Este corredor, formulado con el fin de conservar el recurso hídrico que abastece a Bogotá conectaría las zonas entre los Parques Nacionales Chingaza y Sumapaz, la Reserva Forestal Protectora “Bosque Oriental del Bogotá” y el área del Páramo de Guerrero (Sguerra, Bejarano, Rodríguez, Blanco, Jaramillo, & San clemente, 2011).

Tomando como base el polígono del área de estudio para el diseño del corredor biológico (600 mil hectáreas aproximadamente), se identificaron aquellas áreas desprovistas de bosque desde 1989, excluyendo las áreas de páramos y cuerpos de agua. El área elegible delimitada asciende a 174.000 hectáreas, de las cuáles 60.000 serían restauradas en una primera fase capturando 6,6 millones de toneladas de CO₂ en un horizonte de 30 años. Con una base de cálculo de \$1 a \$2 USD por CER emitido para proyectos en fase de diseño y de \$8 a \$10 USD por CER (Certificados de Reducción de Emisiones, equivalentes a una tonelada métrica de carbono equivalente) para proyectos implementados, se estiman ganancias por \$52,9 millones de dólares para este proyecto. Estos ingresos representarían entonces aproximadamente el 25% de la totalidad de los costos del programa (Sguerra, Bejarano, Rodríguez, Blanco, Jaramillo, & San clemente, 2011).

En el caso de REDD, son pocos los proyectos que se han empezado a implementar en el país. Destaca el Proyecto San Nicolás (Antioquia) que ha recibido apoyo por parte del Banco Mundial en su componente REDD (García Guerrero, Ortega, Ruíz Agudelo, Sabogal Mogollón, & Vargas, 2010).

Para finalizar, el trabajo de grado “Análisis del Potencial de Emisión de Dióxido de Carbono del Páramo de Chingaza y Lineamientos para su Conservación en el Contexto del Mecanismo de Desarrollo Limpio” publicado en el año 2003 (García Pontilla, 2003), introduce en lo que sería la implementación de un Mecanismo de Desarrollo Limpio dada la captura de carbono efectuada en los suelos de los páramos húmedos.

II. METODOLOGÍA

El presente trabajo corresponde a un proyecto de investigación exploratorio cualitativo, en el cual se pretende realizar un acercamiento a una propuesta de alternativa de manejo del páramo de Santa Inés.

Para lograr llevar a cabo los objetivos propuestos se tomó como herramienta la elaboración de una matriz DOFA, la cual permitió tener una panorámica de la problemática ambiental de la zona y orientó el proceso de identificación de las posibles estrategias de manejo. Es importante resaltar también que para establecer las estrategias aquí enunciadas se tuvieron en cuenta las alternativas presentadas en el Plan de Manejo Ambiental generado por Corantioquia para la zona y diversos estudios de este territorio presentados por la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Antioquia.

Mediante una consulta directa a expertos y una matriz de planificación estratégica, se lograron priorizar las estrategias de mayor peso en la zona. A partir de lo anterior es que finalmente el estudio termina proponiendo una alternativa de conservación viable en términos jurídicos, administrativos y técnicos.

Con el fin de cumplir con los objetivos propuestos en el presente trabajo se establece el siguiente procedimiento,

Fase 1: Descripción de las condiciones físicas, bióticas, económicas y socioculturales del páramo de Santa Inés mediante el estudio de diagnósticos previos en la zona.

- *Actividad 1.1* Recopilación bibliográfica de la estructura y funcionamiento del Páramo de Santa Inés
- *Actividad 1.2* Delimitar geográficamente el área de estudio

Fase 2: Diagnostico de la situación actual del páramo Santa Inés, mediante el uso de la matriz DOFA.

Teniendo en cuenta la metodología expuesta en (Gómez Orea, 2007) se sustenta la elección del análisis DOFA debido a que este proceso permite disponer el conocimiento adquirido en el diagnóstico para facilitar la identificación de estrategias y objetivos orientados a formular propuestas de conservación. Para este análisis se separa lo que es el sistema interior o enumeración de las debilidades y fortalezas que tiene el ecosistema (construcción de la matriz EFI), del análisis exterior o enumeración de las amenazas y oportunidades de carácter

coyuntural que pueden interferir en el funcionamiento del sistema positiva o negativamente (construcción de la matriz EFE). Para este proceso se plantean entonces las siguientes actividades,

- *Actividad 2.1* Evaluación de factores internos (matriz EFI: fortalezas y debilidades)

Matriz EFI	
Fortalezas	Debilidades

- *Actividad 2.2* Evaluación de factores externos (matriz EFE: oportunidades y amenazas)

Matriz EFE	
Fortalezas	Debilidades

Fase 3: Identificación de alternativas que favorezcan la conservación y protección del páramo Santa Inés y posibiliten la recuperación del mismo en aquellas áreas donde ha sido degradado.

- *Actividad 3.1* Identificación de estrategias (FO, DO, FA y DA)

Según (Gómez Orea, 2007) el simple análisis de la matriz EFE y EFI permite identificar los objetivos y líneas de acción que han de ser considerados en la solución y prevención de los problemas. No obstante, existe un procedimiento de utilización de estas matrices (que es el elegido para el desarrollo de esta actividad) que consiste en la identificación de estrategias mediante el cruce de fortalezas con oportunidades (estrategias FO), debilidades con oportunidades (estrategias DO), fortalezas con amenazas (estrategias FA) y debilidades con amenazas (estrategias DA).

		FACTORES INTERNOS	
		FORTALEZAS	DEBILIDADES
FACTORES EXTERNOS	OPORTUNIDADES	ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS DO
	AMENAZAS	ESTRATEGIAS FA	ESTRATEGIAS DA

- *Actividad 3.2* Selección y justificación de una alternativa para su posterior análisis.

Teniendo en cuenta la metodología expuesta en (Ángel Sanint, 2000) se diseñó una consulta directa a expertos que sirvió para la posterior toma de decisiones. El procedimiento empleado tuvo como etapas la elección de los atributos para calificar las alternativas, el diseño de la consulta teniendo en cuenta los atributos y las estrategias identificadas, la selección de los decisores, la aplicación de la consulta y la priorización de alternativas según los resultados obtenidos.

Los atributos definidos para calificar las estrategias identificadas fueron respectivamente: importancia, aplicabilidad y prioridad. Estos atributos y las estrategias definidas mediante el análisis DOFA fueron los insumos básicos para el diseño de la consulta que permitió mediante preguntas cerradas conocer la percepción de los expertos. Ver diseño de consulta en el anexo 1.

Por su parte, el grupo de expertos consultado estuvo conformado por:

- Un ingeniero forestal con experiencia en gestión ambiental (funcionario de Corantioquia).
- Un ingeniero civil con experiencia investigativa y docente de aprovechamiento de recursos hidráulicos y ciencias de la tierra. Asesor internacional en el tema de cambio climático.
- Un ingeniero ambiental Doctorado en ciencias ambientales, con experiencia en gestión ambiental y estudios en el Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño.

- Una ingeniera forestal con experiencia docente e investigativa en el área de recursos naturales y ecología
- Una ingeniera ambiental con Magister en gestión ambiental
- Un ingeniero ambiental Especialista en alta gerencia con énfasis en calidad, y con experiencia en el sector educativo
- Una ingeniera ambiental con Magister en biología de la conservación y experiencia investigativa en zonas de páramo.

En cuanto a la escala empleada para la evaluación de las estrategias, se utilizó una escala ordinal de 1 a 5 en forma ascendente, siendo 1 la calificación más baja y 5 la de mayor valor.

Los resultados obtenidos para cada una de las estrategias según su importancia, aplicabilidad y prioridad, se consignan en la siguiente matriz de planificación, donde son ponderados con igual peso, ya que se consideró que tanto la importancia (relevancia que tiene una estrategia), como la aplicabilidad (facilidad de implementación dadas las condiciones de la zona) y la prioridad (necesidad de implementación de una estrategia respecto a las otras) son aspectos relevantes a la hora de formular y establecer una estrategia de conservación.

Alternativas Estratégicas	Criterios			Subtotal
	Prioridad	Aplicabilidad	Importancia	
Peso	33%	33%	33%	1
Estrategia 1				
Estrategia 2				
Estrategia 3				

En este proceso se generó información que permitió luego priorizar las alternativas propuestas como un punto importante dentro de la justificación de la estrategia definida para análisis.

A lo largo de esta fase se contó también con el apoyo de la universidad, la cual en los procesos previos de calificación del trabajo aprobó los atributos y los pesos elegidos para la calificación de cada una de las estrategias.

Fase 4: Análisis de una alternativa de manejo del páramo de Santa Inés a partir de las previamente identificadas.

- *Actividad 4.1* Determinación de las condiciones técnicas que se deben tener en cuenta para el desarrollo de un estudio preliminar de captura de carbono en los suelos del páramo de Santa Inés , teniendo en cuenta el desarrollo administrativo y jurídico que ha tenido el marco REDD y el MDL en el contexto internacional y nacional durante los últimos años.

III. DESARROLLO DEL PROYECTO

1. DESCRIPCIÓN FÍSICA, BIÓTICA, ECONÓMICA Y SOCIOCULTURAL

1.1 Aspectos físicos

1.1.1 Localización y extensión

A tan solo 64 kilómetros al noroccidente de la ciudad de Medellín (Antioquia), en la cordillera central, se encuentra el páramo de Santa Inés o de Belmira (Ver Figura 2) (Ángel, s.f). Este páramo hace parte del Distrito de Manejo Integrado (DMI) del Sistema de Páramos y Bosques Alto-andinos del Noroccidente Medio Antioqueño (SPBANMA), declarado como tal por Corantioquia en el Acuerdo 282 de 2007 (Correa, s.f).

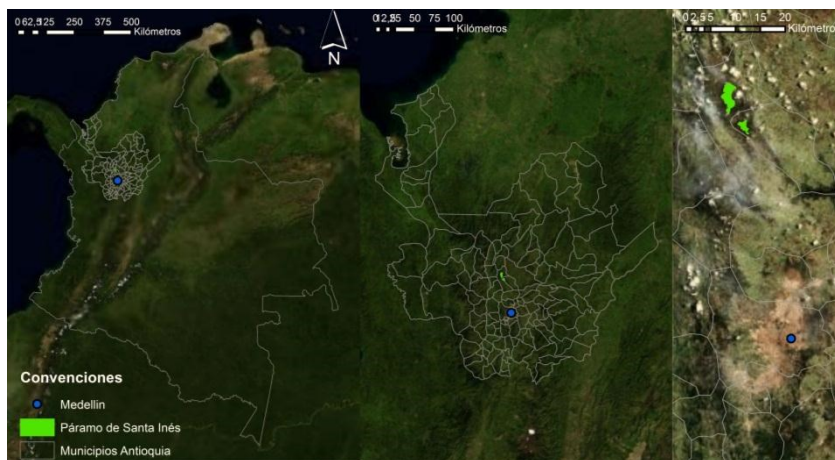


Figura 2: Ubicación del páramo de Santa Inés respecto a Colombia, Antioquia y Medellín (Imagen del autor)

Los límites geográficos del DMI son: en el occidente la ladera de erosión del río Cauca, en el oriente la ladera de la cuenca del río Grande, en el norte los dos ramales cordilleranos que descienden cerca a la población de San José de la Montaña y al sur por una formación montañosa aislada conocida como Montefrío, la cual es una continuación del cordón cordillerano del flanco occidental del sistema. De igual forma en dirección norte el DMI se encuentra disectado por las cuencas de los ríos San José y Santa Inés, mientras en dirección sur lo hace con la cuenca del río Chico (Ramírez, 2009).

El DMI se ubica aproximadamente desde de la cota 2.200 msnm hasta la cota 3.350 msnm, presentando así dos pisos altitudinales: el montano bajo o tierra fría y el montano o subpáramo (zona de transición entre el bosque andino y el páramo propiamente dicho) (Ramírez, 2009).

La delimitación del páramo de Santa Inés toma como base la cota 3000 msnm, agrupando así 11.099 hectáreas (26,06%) de las 42.587 hectáreas que conforman el DMI (Colonia García, Moná García, & Arango Ortiz, 2011). Tomando como base esta cota es posible observar que el ecosistema de páramo se encuentra distribuido en los municipios de Belmira, San José de la Montaña, Entreríos, San Andrés de Cuerquia, Sabanalarga, Liborina y Olaya (Ver Figura 3).

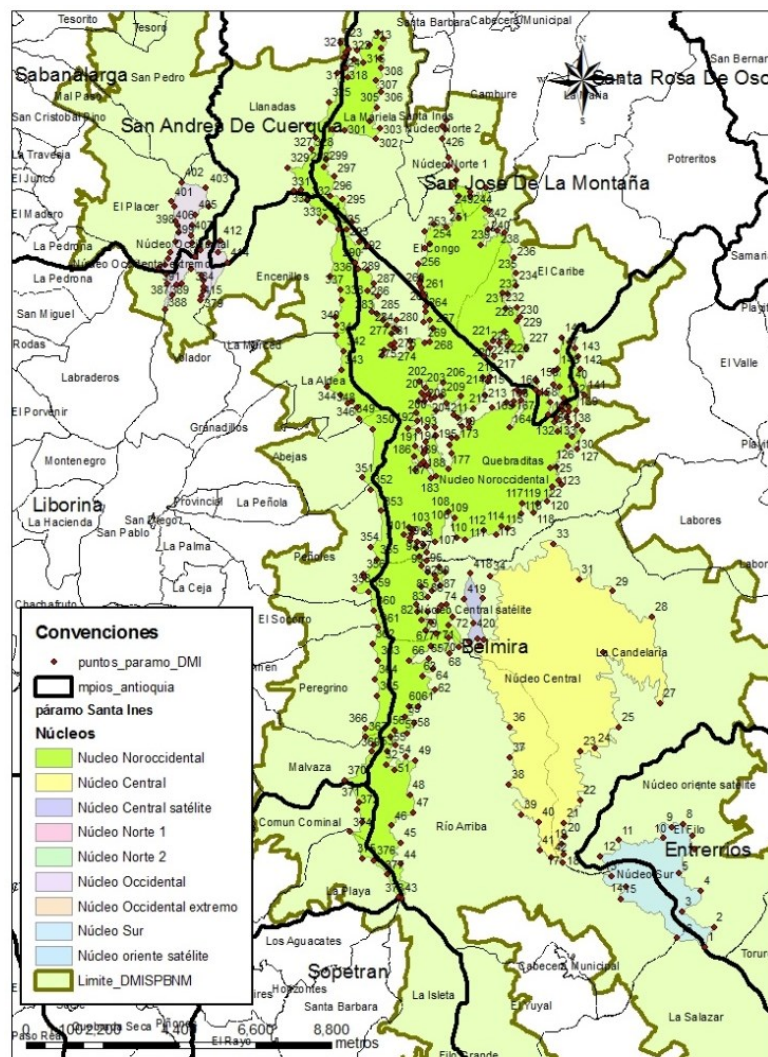


Figura 3: Delimitación del páramo de Santa Inés
Tomada del Plan de Manejo del Páramo de Santa Inés, (Humboldt & Corantioquia, 2012).

Así mismo en la Figura 3 es posible identificar que el páramo de Santa Inés está conformado por varios núcleos. Para cada uno de estos núcleos se tienen las siguientes características, (Humboldt & Corantioquia, 2012):

- Núcleo Sur: ubicado en las veredas Río Arriba (municipio de Belmira) y El Filo (municipios de Belmira y Entreríos). Cuenta con un área de 541 hectáreas, de las cuales su parte más alta se denomina el alto el Sabanazo o Sabanas ubicado a 3.200 msnm (Parra Molina & Valencia Rodríguez, 1998). En esta zona se encuentra una laguna y una estación meteorológica del IDEAM.
- Núcleo Central: es la zona más conocida y al mismo tiempo más extensa en vegetación paramuna (2.443 hectáreas). Se ubica en las veredas La Candelaria y Río Arriba (ambas en el municipio de Belmira), donde se encuentra la altura principal del DMI conocida como el alto del Morro, ubicado a 3.265 msnm en la zona también conocida como Páramo de Sabanas (Parra Molina & Valencia Rodríguez, 1998).
- Núcleo Noroccidental: es el núcleo del páramo con mayor extensión territorial (5.723 hectáreas). Comprende área de los municipios Belmira (veredas Río Arriba, La Candelaria y Quebraditas), San José de la Montaña (veredas El Caribe, El Congo, San Juan y otras), San Andrés de Cuerquia (vereda Llanadas), Liborina (veredas Encenillos, La Aldea, Abejas, Peñoles, El Socorro, Peregrinos y Malvazá).
- Núcleo Occidental: se encuentra entre los municipios de Sabanalarga (vereda El Placer), Liborina (veredas Labraderos, Volador y Encenillos) y el municipio de San Andrés de Cuerquia (vereda Llanadas). Tiene un área de 297 hectáreas, conformada en un alto porcentaje por pendientes escarpadas.
- Núcleo satélite Norte 1, Norte 2, Extremo occidental, satélites central y oriental: pequeñas áreas que sobrepasan los 3.000 msnm y entre todas no suman las 80 hectáreas. Se encuentran en la periferia de los núcleos principales debido a la presencia de depresiones de algunas microcuencas locales.

1.1.2 Geología

Según Corantioquia (2005), citado en Morales et al (2007), el Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño hace parte de un altiplano considerado como uno de los relieves más antiguos en la porción antioqueña de la cordillera Central. Su estado actual es el resultado, tanto de las alteraciones erosivas, como de la actividad tectónica derivada de la falla de Romeral y de la contracción que sufrió el Batolito Antioqueño durante su enfriamiento.

En el territorio de este DMI se presentan dos grandes unidades geomorfológicas en las cuales se desarrollan suelos de montaña y suelos de altiplanicie (Ramírez, 2009). Estos relieves están representados principalmente por pendientes y drenajes naturales que configuran las principales depresiones, como es el caso de aquellas que se encuentran en el sector noroccidental, núcleo que tiene el mayor número de discontinuidades geográficas (ver Figura 3). De igual forma Corantioquia (2005) afirma que en los valles y zonas planas existen rastros de antiguas glaciaciones que configuran planicies, como es el caso de los vestigios de la ciénaga el Morro localizada en el núcleo central, así como del altiplano de Palenque en el núcleo noroccidental (ver Figura 3) (Morales, y otros, 2007).

El basamento de la región se encuentra formado por neises y migmatitas en contacto con rocas del Batolito Antioqueño. Éstas se encuentran a su vez cubiertas por una serie de formaciones superficiales compuestas por saprolitos, depósitos de vertiente, abanicos coluvio-aluviales y un relleno de tipo aluvio-lagunar de edad cuaternaria que conforma el sistema de la ciénaga el Morro en el núcleo central (ver Figura 3) (Serna Sánchez, 2005).

1.1.3 Fallas geológicas

En el límite occidental del DMI, las alteraciones erosivas ocasionadas por el río Cauca constituyen una línea pronunciada que se dispone en forma paralela al sistema de fallas de Romeral (Ramírez, 2009). Ver Figura 4

Por otra parte las rocas metamórficas que están en contacto con la cuarzodiorita del Batolito Antioqueño forman en el límite oriental del DMI, el escarpe San José de la Montaña-Labores-Río Chico, el cual se alinea paralelo con el sistema de fallas de Belmira (Ver Figura 4), separando así el altiplano del páramo de Belmira con el altiplano de Santa Rosa de Osos (Ramírez, 2009).

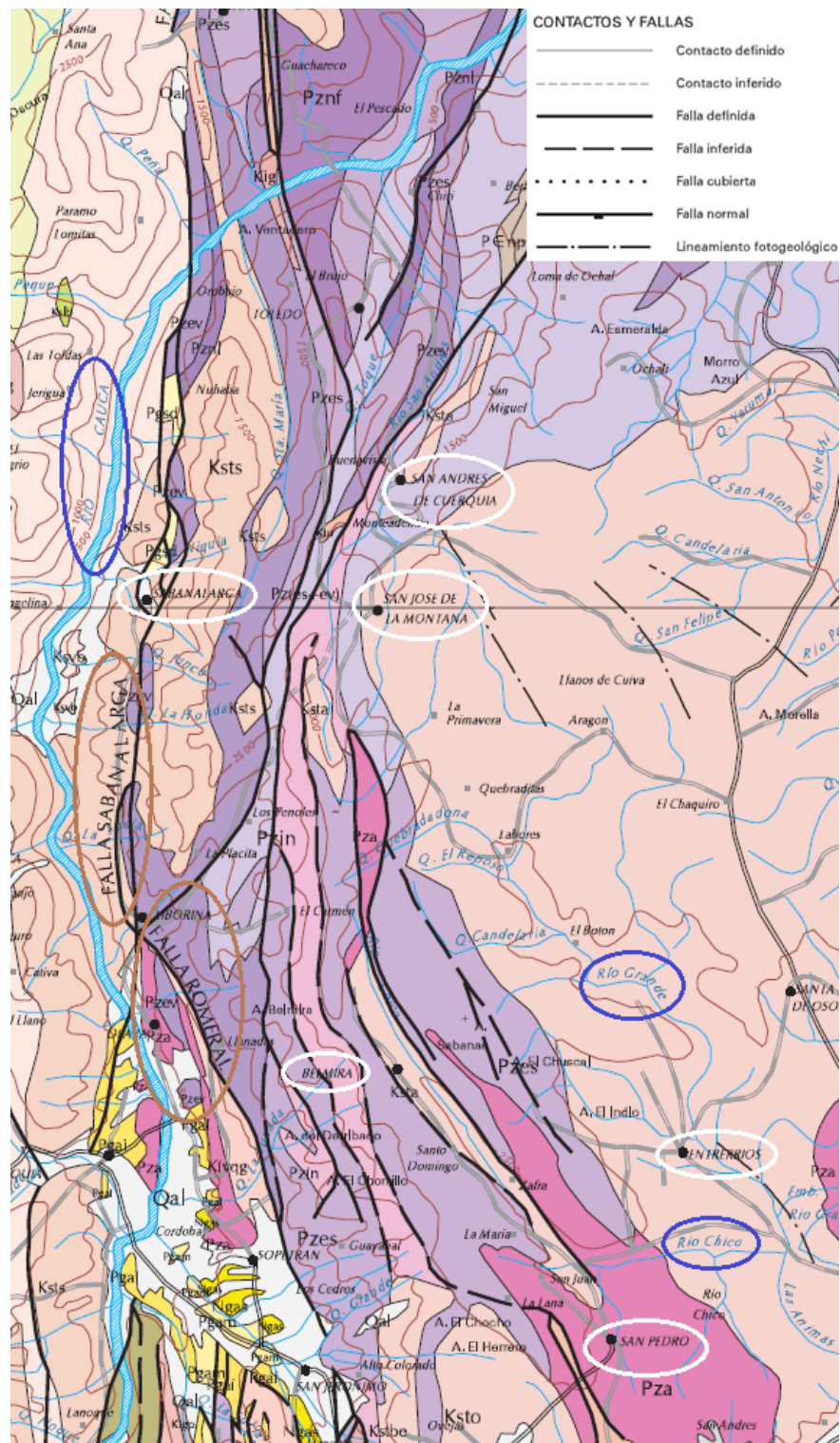


Figura 4: Sistema de Fallas del páramo de Santa Inés
Tomada del Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras de Antioquia, (IGAC, 2007).

1.1.4 Suelos

El IGAC (1995) menciona que la abrupta discontinuidad de los relieves de la alta montaña tropical conlleva a que en estos ecosistemas se diferencien dos tipos de suelos: aquellos desarrollados en colinas, donde se forman suelos bien drenados; y aquellos formados en condiciones permanentes o semipermanentes de saturación de agua (Serna Sánchez, 2005). Es así como la asociación Llano Largo, que representa el 0,41% (26.147,76 ha) del área total del departamento de Antioquia y que se encuentra en la zona de interés, se compone de la serie de suelos Lithic Hapludands (gran grupo: Lithic Hapludands; suborden: udands; orden: andisol) en las zonas de ladera y la serie Typic Haplosaprist (gran grupo: haplosaprist, suborden: saprists, orden: histosol) en los valles (IGAC, 2007).

Según Malagon y Pulido (2000) , citados en Serna Sánchez (2005), los suelos de alta montaña se caracterizan en general por ser características ácidas (con pH que varía entre 3,7 a 5,5), ricos en nitrógeno, pobres en elementos minerales como fósforo y calcio, con alta capacidad catiónica de cambio, de baja fertilidad y con alto contenido de materia orgánica, debido a su humedad y altitud.

No obstante, la asociación Llano largo se caracteriza por su desarrollo a partir de rocas ígneas, plutónicas y graníticas o de neiss con recubrimientos parciales de ceniza volcánica (Parra Molina & Valencia Rodríguez, 1998). En el caso del Lithic Hapludand se trata de una serie de suelo limitado por rocas, bien drenado, de propiedades ándicas y desarrollado a partir de cenizas volcánicas depositadas sobre rocas ígneas plutónicas o graníticas (antes de los 50 cm de profundidad); mientras el Typic Haplosaprist es una serie de suelo derivado de material orgánico contaminado con cenizas volcánicas (IGAC, 2007).

Como características físicas de la serie Lithic Hapludands resaltan la baja densidad aparente y real, la alta porosidad, las texturas medias a moderadamente gruesas, la estructura en bloques subángulares finos y la alta retención de humedad (régimen údico). Adicional a las características químicas anteriormente mencionadas, esta serie se caracteriza por presentar contenidos de hierro y aluminio mayores al 2% , un contenido de vidrio volcánico de 5% o más, una retención de fosfato de 85% o más y un bajo contenido de bases y de fósforo. Así mismo esta serie presenta horizontes A-B-C, de los cuáles el horizonte A tiene menos de 20 cm y alto contenido de materia orgánica, mientras el horizonte B es delgado con 15 a 25 cm de espesor (IGAC, 2007).

Por su parte la serie Typic Haplosaprist se caracteriza por ser muy pobremente drenado. Al estar superficialmente limitado por el nivel freático, esta permanece saturada con agua gran parte del año (régimen de humedad ácuico). Por lo tanto predominan condiciones anaeróbicas que favorecen la acumulación de materiales orgánicos en diferentes estados de descomposición.

Además de las características químicas anteriormente mencionadas, este tipo de serie se caracteriza por presentar un contenido de bases totales bajo. Así mismo presenta horizontes orgánicos O, donde el primer horizonte Oe, con 20 cm de profundidad, está formado por materiales orgánicos poco descompuestos; mientras el horizonte Oa, con 60 cm de profundidad, se compone de materiales orgánicos en avanzado estado de descomposición (IGAC, 2007).

En este páramo se han desarrollado dos trabajos académicos de interés para la determinación de ciertas variables del suelo. En el primero, publicado por Parra & Valencia en el año 1998 llevado a cabo en la zona de transición del bosque y el páramo de Sabanas, en el núcleo central (ver Figura 3), se hizo un análisis de la relación de ciertas variables del suelo (en el horizonte superficial) con las diferentes unidades vegetales. En este estudio se determinaron perfiles de suelo tipo A/C y O/C, y todas las muestras de suelo fueron clasificadas en los ordenes histosol e inceptisol. Específicamente en la Tabla 1 se documentan los resultados de materia orgánica obtenidos mediante el método de Walkley & Black para cada una de las muestras analizadas. Se tiene entonces para el muestreo realizado un promedio de materia orgánica de 30,7%, con una desviación estándar de 20,6% (Parra Molina & Valencia Rodríguez, 1998).

Tabla 1: Cuantificación de materia orgánica en el páramo de Santa Inés

Tomado de la Tesis: Las comunidades arbustivas del páramo de Sabanas (Alto el Morro) y su relación con algunas variables del suelo (Parra Molina & Valencia Rodríguez, 1998).

Parcela	1	2	3	4	5	6	7	8		Promedio (MO%)	Desviación Estándar (MO%)
Ubicación	C	O	O	O	C	O	C	O		30,7	20,6
MO (%)	7	40.9	65.6	69.7	40	26.8	60.3	12.2			
Parcela	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Ubicación	C	C	C	C	C	O	L	O	L		
MO (%)	63.3	39.4	45	9.6	11.8	56.8	48.2	6.9	58.2		

C: Cima, O: Ondonada, L: ladera

Para el segundo trabajo, publicado en el año 2005 por Serna Sánchez y llevado también a cabo en el núcleo central (específicamente en la ciénaga el Morro, ver Figura 3) se realizó un inventario de la distribución que tiene la vegetación relacionada con difentes variables edáficas en el páramo (2 o 3 minialicatas de 0.027 m³ dependiendo de la homogeneidad de la vegetación). Este estudio realizado en tres posiciones fisiográficas (cima y parte media, donde predoniman los pajonales, y en la base donde predominan las turberas) estimó mediante el método Walkley & Black el porcentaje de carbono orgánico total para cada una de las posiciones fisiográficas analizadas (Ver Tabla 2) (Serna Sánchez, 2005).

Tabla 2: Porcentaje de carbono orgánico en los suelos del páramo de Santa Inés
Tomado de la Tesis: Plantas de pajonal como indicadores de propiedades del suelo en el páramo de Belmira, Antioquia (Serna Sánchez, 2005).

Posición Fisiográfica	Estadísticos	C %
Base	Media	16,2
	Desviación Estándar	7,6
Media	Media	9,7
	Desviación Estándar	4
Cima	Media	6,5
	Desviación Estándar	4,2

Ambos trabajos concluyen la materia orgánica respecto a otras características químicas medidas en ambos estudios es la característica que más influye en la ubicación específica de los distintos tipos de unidades vegetales encontrados.

1.1.5 Climatología

Según CORANTIQUE (2005), citado en Morales et al (2007), el páramo de Santa Inés se encuentra en la zona de vida bosque pluvial montano, esto debido a que su temperatura promedio multianual se encuentra entre los 10 y 16 °C y su precipitación entre los 1.900 y 2.200 mm/año.

Este comportamiento se debe principalmente a los dos frentes húmedos que rodean el páramo: el primero se encuentra en la zona occidental en dirección norte-sur formado por los vientos cálidos húmedos que ascienden del cañón del río Cauca provocando un cordón de nubes que se extiende hasta la parte norte donde se encuentra la población de San José de la Montaña; mientras el segundo frente menos denso se ubica en la zona oriental en dirección norte-sur, formándose en las laderas y partes altas del escarpe que separan las unidades de la zona de Páramo y el Altiplano de Santa Rosa de Osos, sobre la cuenca del Río Grande (Ramírez, 2009).

Debido a que esta zona pertenece al área de influencia de la ZCIT (Zona de Convergencia Intertropical), las condiciones climáticas responden a una distribución monomodal, donde el régimen de precipitación se caracteriza por tener un período seco de diciembre a marzo y uno lluvioso de abril a noviembre, con un período corto de verano en los meses de junio y julio (Ramírez, 2009).

Tomada del Plan Integral de Manejo del Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño (Ramírez, 2009).

La cuenca del río Grande tiene numerosas subcuencas, de las cuales las siguientes tienen nacimiento en la zona de páramos (Ramírez, 2009):

- La subcuenca del río Chico que nace en el alto de Zulia sobre la cota 3.200 msnm en límites con el municipio de Liborina.
- La subcuenca de la quebrada Quebradona que nace en la ciénaga el Morro (3.150 msnm) constituyéndose en el límite entre el núcleo central y el occidental. Ésta quebrada se alimenta a su vez de la quebrada la Candelaria, que nace en el alto de Sabanas y delimita durante todo su recorrido la separación entre los municipios de Belmira y Entreríos (límite entre los núcleos central y sur) (Ver Figura 5).
- La subcuenca de la quebrada San José que nace en el alto de Sabanas a 3.050 msnm.

Así mismo, según Ramírez (2009), los principales afluentes del río Cauca que nacen en el páramo de Santa Inés son:

- El río San Andrés que nace en el paraje Alto de Mora a una altura de 3.100 msnm. Este río junto al río Santa Inés configuran dos depresiones hacia el límite norte del núcleo noroccidental.
- La quebrada Juan García que nace en el Alto de la Mora sobre los 3.100 msnm en territorio del municipio de Liborina con límites con el municipio de San José de la Montaña.
- La quebrada Rodas que nace en el Alto el Volador sobre la cota 3.000 msnm, para luego cruzar el territorio del municipio de Liborina en sentido este-oeste antes de desembocar en el río Cauca.
- La quebrada La Nuarque que nace en la cuchilla de Belmira al norte del paraje conocido como Alto El Indio en la cota 3.100 msnm.

1.2 Aspectos bióticos

1.2.1 Vegetación

El Plan de Manejo del DMI (2009) documenta una caracterización realizada para el páramo de Santa Inés en diferentes comunidades vegetales (entre 3.000 y 3.200 msnm). Este estudio arroja para el páramo de Santa Inés un registro de 70 especies, 40 géneros y 26 familias. Así mismo se reporta que alrededor de los 3.000 msnm la composición florística del bosque andino sufre un cambio notable; esto porque las familias Lauraceas y Araliaceas son reemplazadas paulatinamente por las familias Ericaceae y Asteraceae, quienes agrupan el mayor número de especies en este páramo. Ver Tabla 3.

Tabla 3: Familias de plantas con mayor diversidad en el páramo de Santa Inés
Tomada del Plan Integral de Manejo del Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño (Ramírez, 2009).

Familia	Número de especies	Porcentaje (%)
ERICACEAE	10	14,8
ASTERACEAE	8	11,4
MELATOMATACEAE	8	11,4
MYRSINACEAE	6	8,6
CUNNONIACEAE	4	5,7
CLETHRACEAE	4	5,7
Total	30	57,1

Con respecto a la diversidad concentrada en los géneros, ésta es relativamente baja, ya que los más diversos poseen solamente entre 3 y 5 especies), agrupando así el 34,3 % del total de especies identificadas. Ver Tabla 4.

Tabla 4: Géneros que agrupan el mayor número de especies en el páramo de Santa Inés
Tomada del Plan Integral de Manejo del Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño (Ramírez, 2009).

Género	Número de especies	Porcentaje
<i>MICONIA</i> (Melastomataceae)	5	7.1
<i>WEINMANNIA</i> (Cunnoniaceae)	4	5.7
<i>BACCHARIS</i> (Asteraceae)	3	4.3
<i>PALICOUREA</i> (Rubiaceae)	3	4.3
<i>MYRSINE</i> (Myrsinaceae)	3	4.3
<i>CLUSIA</i> (Clusiaceae)	3	4.3
<i>CLETHRA</i> (Clethraceae)	3	4.3
Total	24	34.3

Analizando la dominancia a nivel específico, se encuentra que el frailejón (*Espelettia occidentalis* var. *Antioquensis*), especie catalogada como casi amenazada en el listado de flora amenazada de Colombia, es la especie más abundante y frecuente según el criterio de Berger-Parker, representando el 38,1% de los individuos registrados. De igual forma se destaca la existencia de la especie endémica *Puya roldanii* (Ramírez, 2009).

Así mismo, existen otras especies como el saltacanelón (*Monochaetum* sp.), el mote (*Hesperomeles heterophylla*), romero de páramo (*Diplostephium revolutum*), helecho (*Blechnum columbiense*), mortiño (*Vaccinium floribundum*), y marrana (*Miconia lehmanii*) que a pesar de estar representadas por un bajo número de individuos, son especies importantes en el ecosistema por su alta frecuencia en el área muestreada. Ver .

Tabla 5.

Tabla 5: Especies más abundantes en el páramo de Santa Inés

Tomada del Plan Integral de Manejo del Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño (Ramírez, 2009).

Especie	Número de Individuos	Porcentaje (%)
<i>Espeletia occidentalis</i> var. antioquensis (Asteraceae)	846	38.1
<i>Monochaetum</i> sp (Melastomataceae)	129	5.8
<i>Blechnum buchtrenii</i> (Blechnaceae)	129	5.8
<i>Sisyrinchium</i> sp. (Iridaceae)	95	4.3
<i>Hesperomeles heterophylla</i> (Rosaceae)	92	4.1
<i>Befaria resinosa</i> (Ericaceae)	72	3.2
Total	1.363	61.4

- **Diversidad**

Para el páramo de Belmira se obtuvieron unos índices de riqueza de 33 individuos/especie en el páramo. Se obtuvo un índice de Simpson de 84%, lo cual representa la probabilidad de elegir dos individuos al azar y que éstos pertenezcan a especies diferentes. Finalmente según el índice de Jaccard fue posible determinar que solamente el 16% de las especies identificadas son compartidas entre el páramo de Santa Inés y el bosque altoandino de influencia, lo cual indica que cualitativamente estos son dos ecosistemas altamente diferentes (Ramírez, 2009).

1.2.2 Fauna

Según Corantioquia (2005), citado en Ramírez (2009), durante los meses de noviembre de 1997 y febrero de 1998 se realizó un muestreo de herpetofauna en 11 localidades del DMI de las cuales algunas abarcaban zonas de páramo. En este estudio se identificaron 15 especies de ranas, serpientes y lagartijas que habitan entre las hojas de los frailejones, de las cuales la especie más abundante es *Eleutherodactylus permixtus*

En cuanto a la avifauna no existen estudios específicos para el páramo de Santa Inés. No obstante, en trabajos realizados para los bosques del DMI se reporta la presencia de 61 especies, principalmente de las familias Tyrannidae y Thraupidae (Ramírez, 2009).

Según Corantioquia (2005), citado en Ramírez (2009), de las 33 especies de mamíferos reportadas por la literatura para el complejo de Belmira, 12 fueron

verificadas en la zona. Se destaca en este grupo biológico la existencia de especies carnívoras como el zorro (*Cerdocyon thous*), el puma (*Puma concolor*) y el tigrillo (*Leopardus pardalis*).

1.3 Aspectos socioeconómicos

1.3.1 Ocupación del territorio

El páramo de Santa Inés se encuentra distribuido en siete municipios, de los cuáles aquellos con mayor participación de su área (11.099 hectáreas) son Belmira y San José de la Montaña respectivamente. Ver Figura 6, Plan de manejo ambiental del páramo de Santa Inés (Humboldt & Corantioquia, 2012).

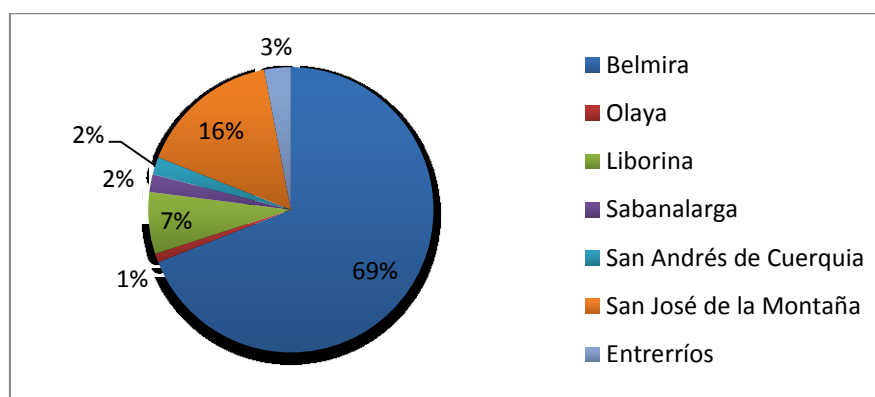


Figura 6: Porcentaje territorial de los municipios en el área del páramo de Santa Inés. Tomado del Plan de manejo ambiental del páramo de Santa Inés (Humboldt & Corantioquia, 2012).

La ocupación del páramo no es alta debido a que años atrás problemas de orden público desplazaron a varios campesinos. Es así como hoy se estiman 59 viviendas y 179 predios, de los cuáles aquellos con mayor proporción pertenecen a Corantioquia o son latifundios con áreas mayores a las 200 hectáreas. Ver Tabla 6.

Tabla 6: Relación predial en las áreas del páramo de Santa Inés. Tomado del Plan de manejo ambiental del páramo de Santa Inés (Humboldt & Corantioquia, 2012).

Categorías de predios	Número de predios	Total área predios	Área páramo de predios	Porcentaje parcial páramo	Porcentaje absoluto
1 a 50 ha	60	1856	515,96	27,8	6,1
50 a 100 ha	45	3414,8	1253,9	36,7	14,8
100 a 200 ha	34	4918	1626,6	33,1	19,1
200 a 500 ha	24	7302,8	1868,7	25,6	22
mayor de 500 ha	9	6659	3230,8	48,5	38
Corantioquia	7	2630,8	1743,6	66,3	20,5

1.3.2 Actividades económicas

En algunas zonas del páramo de Santa Inés y en su periferia existen actividades agropecuarias de bajo rendimiento e intensivas. Estas actividades están representadas principalmente por la actividad lechera, la cual ha derivado en conflictos de uso del suelo principalmente para los municipios de San José de la Montaña, San Andrés de Cuerquia y Belmira (Polanco López, 2009).

Según Corantioquia (2005) los dos cultivos más extendidos, y que tienen algún nivel de comercialización son la papa (variedades capira y cumanday) y el tomate de árbol con rendimientos de 20,2 kg/ha y 32,7 kg/ha respectivamente. Otros cultivos menores de las zonas altas del DMI son el maíz y el frijol (Morales, y otros, 2007).

Las prácticas como el pastoreo en combinación con quemas periódicas para dar paso a algunos cultivos agrícolas (papa y hortalizas principalmente) deterioran la vegetación, la cubierta protectora y estructura del suelo, favoreciendo así los procesos erosivos en fragmentos aledaños a las zonas de páramo (Ramírez, 2009). Por otra parte tanto la agricultura como la ganadería se valen de agroquímicos para mejorar la productividad y el control de plagas, lo cual repercute negativamente en la calidad del agua, aire y suelo (Morales, y otros, 2007).

Zonas aledañas al páramo se han visto mermadas debido a un aprovechamiento selectivo de especies forestales para madera, leña y carbón, así como por la extracción de oro (Morales, y otros, 2007). Dentro del Distrito de Manejo existen 6 títulos mineros de los cuáles uno tiene injerencia en las zonas aledañas al territorio de páramo en los municipios Belmira y Entreríos (Sánchez Herrera & Correa Silva, 2010). Por parte de la minería ilegal se han denunciado explotaciones en cuatro puntos, las cuáles fueron sancionadas durante el 2011 (Valencia Gil, 2012).

Dadas las condiciones ecológicas y paisajísticas del municipio de Belmira para desarrollar actividades relacionadas con el ecoturismo y el turismo científico se creó la fundación Cabildo Verde, la cual presta los servicios de guía y alquiler de una cabaña ubicada en el paraje El Morro (núcleo central) (Ver Figura 3). De igual forma se destacan el sendero ecológico del Páramo de Santa Inés, y el camino de herradura que conduce parte del municipio de Liborina hacia la zona de páramo (Ramírez, 2009).

1.4 Aspectos socioculturales

Los grupos humanos asentados en los municipios con jurisdicción en el páramo de Santa Inés hacen parte política y administrativamente de un heterogéneo grupo de municipios, de los cuales cuatro corresponden a la región del altiplano norte del departamento (Belmira, San José de la Montaña, Entreríos y San Andrés de

Cuerquia) y tres al occidente medio antioqueño (Sabanalarga, Liborina y Olaya) (Ramírez, 2009).

Según Corantioquia (2005), citado en Ramírez (2009), no hay evidencia de asentamientos indígenas durante la época prehispánica. No obstante, la existencia de comunidades negras o afrocolombianas en los municipios del altiplano norte como en los del occidente antioqueño tiene su origen en la explotación minera llevada a cabo durante los siglos XVI y XVII. De igual forma las migraciones producidas durante los siglos XVIII y XIX por parte de los habitantes del occidente antioqueño y del Valle de Aburrá estuvieron marcadas por la explotación aurífera y el inicio e intensificación de la producción agrícola, ganadera y comercial (Ramírez, 2009).

1.4.1 Distribución y densidad poblacional

El área de influencia directa e indirecta del páramo de Santa Inés, la conforman diez municipios, los cuales aportan cuarenta y dos (42) localidades, distribuidas en cuatro (4) corregimientos y treinta y ocho (38) veredas, con una población total respectiva de 34.100 y 38.700 habitantes permanentes para los municipios del Altiplano Norte (Belmira, San José de la Montaña, Entreríos, San Pedro de los Milagros, San Andrés de Cuerquia) y Occidente (Liborina, Sopetrán, San Jerónimo, Olaya, Sabanalarga) (Ramírez, 2009).

1.4.2 Infraestructura vial

A escala veredal las carreteras tienen condiciones medias (falta de obras, pavimento y mantenimiento), ya que atraviesan zonas con altas pendientes que ascienden a las zonas de bosque y páramo. En la mayoría de los casos estas llegan hasta puntos intermedios o parajes donde los pobladores deben emprender recorridos a pie para llegar cerca a los bosques o páramos (Ramírez, 2009).

1.4.3 Participación comunitaria

La figura asociativa por excelencia, tradición, y más común en todas las veredas y corregimientos del área de estudio, es la Junta de Acción Comunal. Así mismo en la gran mayoría de las veredas existen o se están consolidando las nuevas Juntas Administradoras de Acueducto, las cuales vienen ganando espacio, presencia y participación dentro de los pobladores del área rural (Ramírez, 2009).

Otro tipo de organización, son los grupos ecológicos juveniles y cabildos verdes, los cuales tienen presencia en el área urbana y rural de cada uno de los municipios. Entre estas organizaciones destaca Cabildo Verde en los municipios de Belmira y San José de la Montaña (Ramírez, 2009).

1.4.4 Presencia institucional

A nivel municipal, es importante resaltar las labores, actividades y proyectos que realizan con respecto al fomento y desarrollo agropecuario, las Unidades de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATAS) de cada uno de los municipios, así como la formulación de los planes agropecuarios municipales PAM (Ramírez, 2009).

1.5 Zonificación del páramo de Santa Inés

En el páramo de Santa Inés existen únicamente dos categorías de manejo: zona con potencial de oferta de bienes y servicios (áreas para la restauración del ecosistema de páramo), y zona de oferta de bienes y servicios ambientales (áreas para la preservación del ecosistema de páramo). Ver

Figura 7

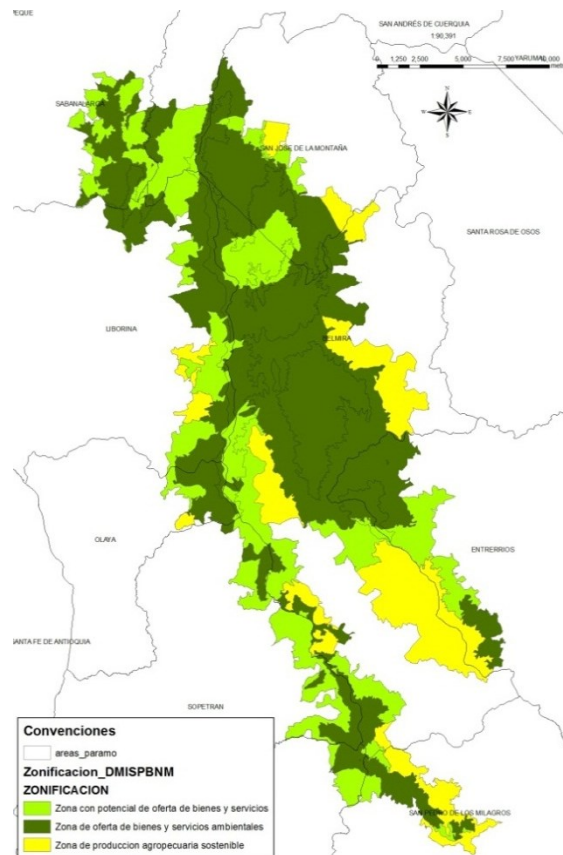


Figura 7: Zonificación y ordenación ambiental del área de páramos en el DMI
Tomada del Plan de Manejo Ambiental del Páramo de Santa Inés (Humboldt & Corantioquia, 2012).

La categoría de conservación hace referencia a los ecosistemas con mejor estado de conservación, incluyendo las zonas de transición entre el bosque altoandino y

el páramo. Por su parte la categoría de recuperación para la preservación se caracteriza por comprender áreas más dispersas y con conflictos como lo son retiros de nacimientos y fuentes de agua donde no existe cobertura natural, límites con los relictos de bosques naturales y zonas con otros usos del suelo, como la ganadería presente en las veredas Río Arriba y Quebraditas (Belmira), Caribe y Congo (San José de la Montaña), entre otras (Humboldt & Corantioquia, 2012).

Mediante las alternativas de manejo formuladas en el plan de manejo del páramo de Santa Inés se pretende entonces que en el mediano y largo plazo las áreas con categoría de recuperación para la preservación pasen a ser parte de la zona de oferta de bienes y servicios ambientales, o categoría de conservación. Para esto se han reglamentado los usos permitidos, condicionados y prohibidos, bajo los cuáles deben regirse estas dos categorías. Ver Tabla 7.

Tabla 7: Reglamentación de los usos del suelo en las áreas del páramo Santa Inés
Tomada del Plan de Manejo Ambiental del Páramo de Santa Inés (Humboldt & Corantioquia, 2012)

Uso o utilización sostenible	Usos condicionados	Usos prohibidos
<p>-Permisos de estudio para la investigación ecológica y el monitoreo relacionados con el conocimiento de la estructura y función del ecosistema, la biodiversidad, conectividad y restauración, fauna asociada, bienes y servicios ambientales, entre otras que contribuyan a la preservación; siempre y cuando no implique la extracción de especies silvestres, en especial las endémicas y las consideradas en algún grado de vulnerabilidad o en peligro de extinción, según el listado de especies amenazadas publicado por el Instituto Humboldt, los libros rojos de especies amenazadas de Colombia y la resolución de Corantioquia de veda de especies de flora.</p> <p>- Revegetalización y reforestación con fines de protección o recuperación de comunidades vegetales naturales con especies nativas de la zona.</p>	<p>- Actividades recreativas pasivas de bajo impacto para el ecosistema, como el avistamiento de aves y caminatas por los caminos de servidumbre existentes, se restringen de acuerdo a los estudios de capacidad de carga.</p> <p>-La educación ambiental, la cual queda supeditada a estudios de capacidad de carga y que no requiera del uso y aprovechamientos de los recursos naturales, que generen riesgos en la alteración de la estructura ecológica del ecosistema.</p> <p>-Mantenimiento de caminos de servidumbre</p> <p>- Permiso forestal que estrictamente se requiera para la instalación de infraestructura de equipos de telecomunicación y/o para la seguridad y defensa y los permisos de concesión de agua y vertimientos de uso exclusivamente doméstico para las viviendas de los vigilantes.</p> <p>-Desarrollo de acciones para control de incendios forestales</p>	<p>- La ubicación de publicidad visual exterior en la medida que limita el disfrute paisajístico del territorio, de conformidad con la reglamentación que se expida para el efecto.</p> <p>- El establecimiento de plantaciones forestales productivas o productoras con especies exóticas.</p> <p>-Establecimiento de monocultivos con especies nativas o exóticas</p> <p>-Actividades recreativas de mediano y alto impacto como la práctica de motocrosismo, cuatrimotor, ciclomontañismo, cabalgatas, canopy, o similares.</p> <p>- Asentamiento humanos concentrados o dispersos.</p> <p>-Apertura de nuevos caminos de servidumbre</p> <p>- Actividades mineras en cualquiera de sus formas (artesanal, socavón o a cielo abierto) y en cualquier de sus etapas y todas sus actividades relacionadas. Tampoco podrán realizarse actividades de exploración o explotación de hidrocarburos,, ni construcción de</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de obras para captación de agua para acueductos o tomas individuales - Control manual o mecánico de plagas y especies invasivas y en casos excepcionales con uso de pesticidas o agrotóxicos de manera controlada y/o supervisada. - Construcción de obras de infraestructura para el fomento de actividades investigativas, educativas y de recreación al aire libre 	<p>refinerías de hidrocarburos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desección y rellenos de humedales - Introducción de especies exóticas de plantas o animales -Extracción de productos secundarios del bosque y cacería - Deforestación, quemas y eliminación de la vegetación del páramo. - Construcción de obras de infraestructura como carreteras, edificios, hidroeléctricas y otras infraestructuras físicas para el sector agropecuario, turístico o económico -Cualquier tipo de actividades agropecuarias
--	--	---

2. DIAGNÓSTICO DOFA DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PÁRAMO DE SANTA INÉS

Mediante la determinación de los factores internos (debilidades y fortalezas) y factores externos (amenazas y oportunidades) que inciden en la conservación del páramo de Santa Inés se consolidaron las matrices EFI y EFE (Ver Tabla 8 y Tabla 9), que sirvieron como base para identificar las principales alternativas de manejo para recuperar y conservar la zona de interés.

MATRIZ EFI	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>° Servicios ecosistémicos asociados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Área de recarga hídrica para la prestación de servicios básicos como agua para consumo y generación de energía hidroeléctrica • Presencia de la especie endémica <i>Puya roldanii</i> y de la especie catalogada como casi amenazada en el listado de flora amenazada de Colombia <i>Espelettia occidentalis</i> var. Antioquensis 	<ul style="list-style-type: none"> ° Degradación del ecosistema por prácticas de agricultura insostenibles ° Degradación del ecosistema por prácticas de ganadería insostenibles en los límites donde comienza la zona del páramo.

<ul style="list-style-type: none"> ° En la tenencia de la tierra priman los latifundios con más de 200 ha, lo que para efectos de la conservación es mejor. ° Interés de las juntas de Acción Comunal de ocuparse por problemas que tienen que ver con la conservación del medio ambiente y los recursos naturales ° Existencia y proceso de consolidación de las nuevas Juntas Administradoras de Acueducto ° Presencia de grupos ecológicos juveniles y cabildos verdes, los cuales tienen presencia en el área urbana de cada uno de los municipios y extienden sus actividades a las zonas rurales, buscando proteger y conservar ecosistemas estratégicos. ° Apoyo de las administraciones municipales a las juntas de acción comunal con el fin de fortalecer los procesos participativos 	<ul style="list-style-type: none"> ° Degradación del ecosistema por uso de agroquímicos y quemas periódicas en actividades agropecuarias ° Degradación del ecosistema por prácticas de aprovechamiento selectivo de especies forestales para madera, leña y carbón ° Degradación del ecosistema por minería ° Alta presión en las franjas donde confluyen los ecosistemas de páramo y de bosque altoandino por la expansión de la frontera productiva ° La vocación de protección que tiene el área priva a los propietarios del uso de sus predios
--	--

Tabla 8: Matriz EFI

MATRIZ EFI	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>° Servicios ecosistémicos asociados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Área de recarga hídrica para la prestación de servicios básicos como agua para consumo y generación de energía hidroeléctrica • Presencia de la especie endémica <i>Puya roldanii</i> y de la especie catalogada como casi amenazada en el listado de flora amenazada de <i>Colombia</i> <i>Espelettia occidentalis</i> var. Antioquensis <p>° En la tenencia de la tierra priman los latifundios con más de 200 ha, lo que para efectos de la conservación es mejor.</p> <p>° Interés de las juntas de Acción Comunal de ocuparse por problemas que tienen que ver con la conservación del medio ambiente y los recursos naturales</p> <p>° Existencia y proceso de consolidación de las nuevas Juntas Administradoras de Acueducto</p> <p>° Presencia de grupos ecológicos juveniles y cabildos verdes, los cuales tienen presencia en el área urbana de cada uno de los municipios y extienden sus actividades a las zonas rurales, buscando proteger y conservar ecosistemas estratégicos.</p> <p>° Apoyo de las administraciones municipales a las juntas de acción comunal con el fin de fortalecer los procesos participativos</p>	<p>° Degradación del ecosistema por prácticas de agricultura insostenibles</p> <p>° Degradación del ecosistema por prácticas de ganadería insostenibles en los límites donde comienza la zona del páramo.</p> <p>° Degradación del ecosistema por uso de agroquímicos y quemas periódicas en actividades agropecuarias</p> <p>° Degradación del ecosistema por prácticas de aprovechamiento selectivo de especies forestales para madera, leña y carbón</p> <p>° Degradación del ecosistema por minería</p> <p>° Alta presión en las franjas donde confluyen los ecosistemas de páramo y de bosque altoandino por la expansión de la frontera productiva</p> <p>° La vocación de protección que tiene el área priva a los propietarios del uso de sus predios</p>

Tabla 9: Matriz EFE

MATRIZ EFE	
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>° Interés mundial por la valoración de los servicios ecosistémicos como garantía a la preservación de los recursos naturales para el desarrollo de las generaciones presentes y del futuro. Entre estos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Su elevada capacidad de regulación del agua • Su captura y retención de las partículas que lleva el agua • Su alto almacenamiento de carbono atmosférico • Su valor paisajístico en la geografía local y regional • Su riqueza de especies de flora y fauna silvestre, algunas de ellas catalogadas como endémicas, migratorias, amenazadas y en peligro de extinción <p>° Oferta de espacios públicos naturales</p> <p>° Demanda creciente de ocio y recreo al aire libre</p> <p>° Aumento de la sensibilidad social por el medio ambiente</p> <p>° Leyes, decretos y resoluciones en el ámbito nacional que velan por la protección prioritaria y aprovechamiento en forma sostenible de los páramos.</p> <p>° Existencia de lineamientos internacionales y Decretos nacionales que promueven incentivos económicos para la conservación, mejoramiento y restauración del ambiente.</p>	<p>° Ecosistema frágil y de lenta recuperación a las perturbaciones</p> <p>° Intereses particulares que presionan por su explotación</p> <p>° Sensibilidad a eventos climáticos extremos</p> <p>° Figuras de protección inadecuadas que son laxas en la delimitación de estos ecosistemas</p>

3. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

3.1 Matriz DOFA (estrategias FO, DO, FA y DA)

Mediante el análisis de los factores internos y factores externos determinados en las matrices EFI y EFE, y teniendo en cuenta las alternativas presentadas en el Plan de Manejo Ambiental generado por Corantioquia para la zona en el año 2012 y diversos estudios de este territorio realizados por la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Antioquia, se clasificaron e identificaron en la Tabla 10 diferentes estrategias para la conservación del páramo de Santa Inés

Tabla 10: Estrategias identificadas

		FACTORES INTERNOS	
		FORTALEZAS	DEBILIDADES
FACTORES EXTERNOS	OPORTUNIDADES	ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS DO
		<ul style="list-style-type: none"> ° Desarrollar actividades pasivas de bajo impacto para el ecosistema relacionadas con el ecoturismo y el turismo científico 	<ul style="list-style-type: none"> ° Adquisición de predios ° Crear mecanismos que incentiven y estimulen a los propietarios en la conservación del territorio
	AMENAZAS	ESTRATEGIAS FA	ESTRATEGIAS DA
		<ul style="list-style-type: none"> ° Incentivar la investigación ecológica y ambiental relacionada con el conocimiento del ecosistema y los bienes y servicios ambientales que genera el páramo 	<ul style="list-style-type: none"> ° Incentivar procesos de regeneración natural ° Fortalecer la educación ambiental y los vínculos con la comunidad cercana a la zona de interés. ° Implementar prácticas de producción agropecuaria y de manejo de recursos sostenibles con personas que poseen terrenos aledaños al sistema de páramos.

A continuación se presenta entonces la descripción de cada una de las estrategias de conservación identificadas, teniendo en cuenta los enfoques determinados por el Plan de Manejo Ambiental para la zona.

3.1.1 Enfoque hacia la restauración

Mediante el uso de herramientas de manejo del paisaje y un corredor biológico se pretende propiciar la conectividad ecológica de lugares extremos del páramo, específicamente desde los municipios de Entreríos o San Pedro de los Milagros en la parte sur, hasta los municipios de Sabanalarga y San Andrés de Cuerquia en la parte norte (Humboldt & Corantioquia, 2012).

Para lograr esto Corantioquia propone las siguientes estrategias:

3.1.1.1 Adquisición de predios

Se busca constituir un bloque predial en áreas de páramo y de bosque natural (15.000 hectáreas) que garantice una conectividad ecológica en áreas que sobrepasan parcial o totalmente los 3.000 msnm (Colonia García, Moná García, & Arango Ortiz, 2011). Corantioquia ha definido prioridades en el mediano y largo plazo para priorizar la compra de predios en mal estado de conservación o con un gran porcentaje de áreas de páramo.

3.1.1.2 Incentivar procesos de regeneración natural

Consiste en la implementación de herramientas de restauración adecuadas para cada una de las zonas, como bien lo son: aislamientos de cauces naturales, barreras vivas, siembra de especies nativas en suelos desnudos o conservación de la sucesión ecológica.

3.1.2 Enfoque hacia la sostenibilidad económica

3.1.2.1 Crear mecanismos que incentiven y estimulen a los propietarios en la conservación del territorio

Para el desarrollo de esta estrategia se debe tener en cuenta en primer lugar los servicios ecológicos asociados al páramo y las actividades económicas que compiten con su conservación. Esto para crear mecanismos que propicien la conservación del ecosistema.

Entre estos mecanismos se pueden considerar:

- Disminución o creación de impuestos
- Pagos por servicios ambientales:
Conservación del recurso hídrico mediante la aplicación de fondos de agua

Reducción de emisiones derivadas de la deforestación y degradación ambiental (REDD, REDD +)
Reforestación (proyectos MDL)

3.1.2.2 Implementar prácticas de producción agropecuaria y de manejo de recursos sostenibles con personas que poseen terrenos aledaños al sistema de páramos

Esta estrategia se sustenta en la red de promotores campesinos agroecológicos ya existentes en el área de influencia. Se pretende entonces que durante los próximos años estas redes crezcan y sus productos lleguen hasta fases posteriores de comercialización.

Así mismo se seguirán dictando diversas capacitaciones orientadas al fortalecimiento de los modelos productivos agroecológicos, que garanticen también la seguridad alimentaria familiar.

3.1.3 Enfoque hacia la participación social

3.1.3.1 Fortalecer la educación ambiental y los vínculos con la comunidad cercana a la zona de interés.

Mediante la promoción de los diferentes grupos de interés en el área de jurisdicción se pretende que la población entienda la necesidad de proteger el páramo. Esto con el fin de que la comunidad tenga conocimiento y se involucre en el mediano plazo con las diferentes estrategias planteadas para la protección del ecosistema.

Como avances hasta el momento, se pueden mencionar las acciones formativas llevadas a cabo por Corantioquia para el monitoreo participativo de la calidad de agua en diferentes cuencas de la zona. Así mismo organizaciones sociales ambientales como las mesas ambientales y organizaciones juveniles como Cabildo Verde han tomado relevancia durante los últimos años.

3.1.3.2 Desarrollar actividades pasivas de bajo impacto para el ecosistema relacionadas con el ecoturismo y el turismo científico

Tras la recuperación por intervenciones y sucesión natural de las zonas, se pretende en un plazo de cinco a diez años la configuración de un Plan Ecoturístico, que incluirá infraestructura apropiada como una red caminera y viviendas que servirán como estaciones biológicas para investigaciones de las universidades y lugar de hospedaje para pequeños grupos, como lo son actualmente algunas de las viviendas de Corantioquia ubicadas en los predios

Montañitas (núcleo sur), La Cabaña o Refugio (núcleo central) y San Francisco (núcleo noroccidental cercano al corregimiento de Labores).

3.1.4 Enfoque hacia la investigación

3.1.4.1 Incentivar la investigación ecológica y ambiental relacionada con el conocimiento del ecosistema y los bienes y servicios ambientales que genera el páramo

Las investigaciones generadas deben aportar al entendimiento de las dinámicas naturales, al igual que deben estar orientadas a la implementación de las demás estrategias como por ejemplo las asociadas al uso y comercialización de bienes y servicios ambientales. Entre los temas de las investigaciones se han definido como prioritarios aquellos relacionados con los componentes agua, suelo, fauna y flora.

3.2 Selección y justificación de una alternativa

La consulta realizada arrojó los resultados presentados en la Tabla 11 y Tabla 12 para la importancia, aplicabilidad y prioridad para cada una de las alternativas y enfoques analizados por los expertos. Se presentan también en estas tablas los resultados ponderados para cada uno de los criterios evaluados.

En el anexo 2 se presentan los resultados de las consultas realizadas.

Tabla 11: Matriz de planificación estratégica (alternativas)

Matriz de Planificación Estratégica (Alternativas)		Criterios						
		Prioridad		Aplicabilidad		Importancia		Subtotal
		Resultado	Ponderación (33%)	Resultado	Ponderación (33%)	Resultado	Ponderación (33%)	
3.1.1.1	Adquisición de predios	3,0	1,0	2,6	0,9	3,6	1,2	3,0
3.1.1.2	Incentivar procesos de regeneración natural	4,0	1,3	3,4	1,1	4,3	1,4	3,9
3.1.2.1	Crear mecanismos que incentiven y estimulen a los propietarios en la conservación del territorio	4,4	1,5	3,1	1,0	4,9	1,6	4,1
3.1.2.2	Implementar prácticas de producción agropecuaria y de manejo de recursos sostenibles con personas que poseen terrenos aledaños al sistema de páramos	3,9	1,3	3,4	1,1	4,1	1,4	3,8
3.1.3.1	Fortalecer la educación ambiental y los vínculos con la comunidad cercana a la zona de interés.	4,6	1,5	3,9	1,3	4,3	1,4	4,2
3.1.3.2	Desarrollar actividades de bajo impacto para el ecosistema relacionadas con el ecoturismo y el turismo científico	2,7	0,9	3,6	1,2	3,0	1,0	3,1
3.1.4.1	Incentivar la investigación relacionada con el conocimiento del ecosistema y los bienes y servicios ambientales que genera el páramo	4,1	1,4	3,9	1,3	4,3	1,4	4,1

Tabla 12: Matriz de planificación estratégica (enfoques)

	Matriz de Planificación Estratégica (Enfoques)	Criterios						
		Prioridad		Aplicabilidad		Importancia		Subtotal
		Resultado	Ponderación (33%)	Resultado	Ponderación (33%)	Resultado	Ponderación (33%)	
3.1.1	Enfoque hacia la restauración	3,5	1,2	3,0	1,0	3,9	1,3	3,5
3.1.2	Enfoque hacia la sostenibilidad económica	4,1	1,4	3,3	1,1	4,5	1,5	4,0
3.1.3	Enfoque hacia la participación social	3,6	1,2	3,7	1,2	3,6	1,2	3,7
3.1.4	Enfoque hacia la investigación	4,1	1,4	3,9	1,3	4,3	1,4	4,1

En la Tabla 11 se observa que las estrategias con mayor puntaje fueron:

- a. Fortalecer la educación ambiental y los vínculos con la comunidad cercana a la zona de interés (4.2/5)
- b. Crear mecanismos que incentiven y estimulen a los propietarios en la conservación del territorio (4.1/5)
- c. Incentivar la investigación ecológica y ambiental relacionada con el conocimiento del ecosistema y los bienes y servicios ambientales que genera el páramo (4.1/5).

Estas tres estrategias evidencian la relevancia de involucrar a la comunidad de una manera activa con los programas a considerar para la protección de la zona. De igual forma se demuestra la necesidad de atraer el interés de la academia y los investigadores hacia la generación de conocimiento aplicado como solución a las diversas problemáticas socioeconómicas del país.

Si bien la educación ambiental y los vínculos con la comunidad son necesarios y fundamentales en los procesos de conservación del territorio, también es necesario cambiar la concepción de que preservar los territorios restringe las posibilidades de desarrollo socioeconómico. Esto solo se puede lograr a través de la estructuración de mecanismos económicos que estén orientados a cubrir el costo de oportunidad que asumirían los propietarios al conservar su territorio.

En la Tabla 11 queda claro que si bien la creación de mecanismos que incentiven y estimulen a los propietarios en la conservación del territorio no es la alternativa de mayor relevancia, si tiene la mayor valoración y consenso por parte de los expertos en que tiene la mayor importancia de todas las analizadas (4.9/5). A esto se le suma el hecho de que se la considera poco aplicable (3.1/5), muy probablemente debido a que la estimulación a los propietarios en la conservación de su territorio requiere además del conocimiento de los bienes y servicios ofrecidos por el territorio, unas condiciones socioculturales favorables y la existencia de una alternativa económicamente llamativa.

Con base en lo anterior se puede analizar que los procesos de investigación en torno a los servicios ofrecidos por el ecosistema y las actividades socioeconómicas que inciden en el estado de su conservación (tercera estrategia con mayor relevancia), son necesarios para que las dos primeras estrategias anteriormente descritas sean llevadas a cabo, convirtiéndose así en la base técnica para estructurar cualquier mecanismo económico.

La relevancia de las estrategias b y c se sustenta también en que los enfoques de mayor relevancia (Ver Tabla 12) fueron el enfoque hacia la investigación (4.1/5) y el enfoque hacia la sostenibilidad económica (4.0 /5). Si bien el enfoque hacia la sostenibilidad económica tiene un menor puntaje respecto al enfoque investigativo,

su importancia (4.5/5) es la de mayor calificación y su prioridad tiene el mismo valor que el enfoque investigativo. Por otra parte, la aplicabilidad (3.3/5) es el atributo que termina castigando el resultado del enfoque económico. Se reitera entonces nuevamente la importancia que tiene la investigación para soportar la propuesta y formulación de mecanismos económicos que incentiven y estimulen a los propietarios en la conservación del territorio.

4. ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA IDENTIFICADA

Considerando que a partir de la matriz de priorización se estableció la relevancia de la conservación del territorio basados en un enfoque de sostenibilidad económica y de investigación, se plantea una nueva estrategia de preservación del territorio enfocada no en la biomasa, ni tampoco en la preservación hidrológica, sino en el suelo como base fundamental del ecosistema que sustenta el mantenimiento de la biota y la regulación hídrica.

Se opta por analizar la creación de mecanismos económicos para la conservación del páramo de Santa Inés según la captura y almacenamiento de carbono en sus suelos, basados en que a nivel internacional la convención Marco de la Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Protocolo de Kyoto han sentado las bases de un mercado de reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI), que promueve los proyectos asociados a la conservación y reforzamiento de los depósitos y sumideros de carbono.

El marco MDL promueve los proyectos asociados a la conservación y reforzamiento de emisiones por sumideros. La Resolución 2734 del 2010 establece que los proyectos forestales elegibles a este mecanismo son los ligados a las actividades de forestación y reforestación en bosques (plantaciones, sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles, plantaciones dendroenergéticas).

Así mismo, durante los últimos años la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático ha venido definiendo las actividades y procedimientos que se tendrán en consideración con el fin de reducir las emisiones provenientes de la deforestación y degradación forestal (REDD) (Angelsen, 2009). Hasta el momento cinco actividades han sido negociadas bajo este marco: reducir emisiones de la deforestación y reducir emisiones de la degradación, conservación de los stocks de carbono, manejo sostenible de bosques y refuerzo de los sumideros de carbono (GOFC GOLD, 2010). De estas actividades podría afirmarse entonces que la conservación de los suelos de páramo podría orientarse a la conservación de los stocks de carbono y al refuerzo de los mismos.

Si bien, el marco REDD continúa al igual que el MDL privilegiando el estudio de la biomasa forestal en los ecosistemas, se han planteado nuevas metodologías que tienen en consideración la interrelación existente entre los diferentes compartimentos que almacenan carbono y los cambios ocurridos en los mismos que son fuente de emisiones de gases efecto invernadero.

Teniendo en cuenta que los aspectos metodológicos considerados por el grupo GOFC-GOLD (Global Observation of Forest and Land Cover) ya incluyen pautas para el establecimiento de monitoreos en suelos con el fin de cuantificar las emisiones de gases efecto invernadero evitadas al aplicar actividades de

mitigación relacionadas con el uso del suelo, es que el análisis de la propuesta preliminar para un estudio de la captura y almacenamiento de carbono en los suelos del páramo de Santa Inés tiene en consideración además de estas metodologías propuestas para proyectos REDD, el enfoque de sumideros que ha sido promovido por el MDL durante los últimos años. Se esbozan entonces a continuación las consideraciones técnicas que se deben tener en cuenta para el desarrollo de un estudio preliminar de captura de carbono en los suelos del páramo de Santa Inés, teniendo en cuenta el desarrollo administrativo y jurídico que ha tenido el marco REDD y el MDL en el contexto internacional y nacional durante los últimos años.

Los suelos del páramo de Santa Inés pueden ser considerados desde dos puntos de vista: como sumideros o fuentes de CO₂. Teniendo en cuenta que el enfoque elegido incide en la estructuración de un proyecto bien bajo el marco REDD o el marco MDL es que al diseñar un monitoreo en las 11.099 hectáreas que conforman el páramo de Santa Inés se debe tener en consideración las diferencias porcentuales existentes entre las formas de carbono lábil y carbono estable en los suelos.

El carbono lábil está representado principalmente por los residuos de vegetación en descomposición y los metabolitos y constituyentes de la pared celular que llegan a estabilizarse en el suelo y tienen una vida media de 5 a 25 años; mientras las fracciones resistentes o carbono estable constituyen un compuesto orgánico coloidal denominado humus, que se puede subdividir en ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas (Facultad de Ciencias Exáctas y Naturales, UNLPam, s.f).

Dependiendo entonces de las características de un ecosistema en específico (clima, vegetación, topografía, roca madre) predominará el proceso de acumulación o descomposición de la materia orgánica de los suelos. Las grandes diferencias entre las formas de carbono estable (80%) y carbono lábil (20%) obtenidas como resultados del trabajo realizado por García Pontilla (2003) en los suelos del páramo de Chingaza (mantillo y 20 cm de profundidad), conducen a pensar que para los suelos del páramo de Santa Inés la estrategia de preservación debe enfocarse a la cuantificación del incremento en formas de carbono estable ocurrida como producto de la conservación de sus suelos.

4.1 Diseño del monitoreo

Se esbozan entonces a continuación las consideraciones que este estudio deberá tener en cuenta,

Profundidad y tiempos del muestreo

Si bien, el trabajo realizado por García (2003) en los suelos del páramo de Chingaza sustentó su elección de profundidad para tomar muestras de suelo

en los primeros 20 cm, debido a que esta profundidad es la que se ve drásticamente afectada al introducir actividades de carácter antrópico en un páramo conservado (Bendeck Myriam, 2003, recomendación personal), las muestras a tomar para el monitoreo de los suelos en el páramo de Santa Inés deberán entonces considerar tanto el horizonte O como el A.

Esta recomendación se hace debido a que la materia orgánica a partir del horizonte A se encuentra ligada a la fracción mineral del suelo; por tanto, el carbono asociado en forma coloidal, permanecerá en el tiempo. Se monitoreará entonces anualmente la acumulación de carbono ocurrida en las fracciones resistentes o sustancias húmicas del horizonte O, las cuáles a diferencia de los residuos de vegetación en descomposición y la fracción lábil del suelo no serán susceptibles de retornar a la atmósfera en forma de CO₂.

Técnicas de laboratorio

Dada la diferencia existente entre el peso molecular de las sustancias que conforman el carbono lábil y el carbono estable (Bohn, McNeal, & O'Connor, 1993), se deben utilizar métodos gravimétricos para su separación.

Por otra parte el Protocolo para el Monitoreo del Ciclo de Carbono en Ecosistemas de Alta Montaña (publicado en el año 2011 por el IDEAM) recomienda la utilización de los métodos de calcinación y oxidación para la determinación de contenido de materia orgánica total.

Puntos de muestreo y otras consideraciones

Dada la necesidad de establecer cuantificaciones representativas de este servicio se requiere el diseño de un muestreo geoestadístico que permita delimitar parcelas teniendo en cuenta las diferentes alturas presentes en el sistema, las asociaciones determinadas por el IGAC para el área y las condiciones geomorfológicas del territorio.

Lo anterior se determina debido a que la acumulación de materia orgánica es mayor a medida que disminuye la temperatura (tanto a condiciones aeróbicas como anaeróbicas) y que en las regiones cóncavas se puede contar con mayor acumulación de materia orgánica (García Pontilla, 2003). Adicionalmente, se deben tener en cuenta las diferentes asociaciones que conforman las partes altas de este ecosistema, las cuales son: Asociación Aldana (AL), Asociación Llano Largo (LL), Asociación Tequendamita (TE) y Asociación Ventanas (VC) (Sánchez Herrera & Correa Silva, 2010); considerando que si bien las asociaciones Aldana y Tequendamita se encuentran dentro del DMI, estas están distribuidas entre los 2000 y 3000 msnm, por lo que parte de ellas no están contempladas dentro de la zona de páramo (IGAC, 2007).

Si bien, mediante el monitoreo anteriormente planteado se logra cuantificar la acumulación de carbono ocurrida en zonas conservadas y por ende el valor del suelo como un sumidero de carbono, las metodologías planteadas en el marco REDD con el fin de estimar las emisiones de carbono evitadas deberán estar enfocadas al suelo como fuente de las mismas. De ahí que si se pretende completar el estudio a la luz de la incidencia que tienen diversas actividades socioeconómicas en la conservación de la zona, se deberá acoger la metodología descrita por el grupo GOFC-GOLD (Global Observation of Forest and Land Cover), que establece como consideraciones a seguir: la estimación de los cambios de uso de suelo y la estimación de los cambios ocurridos en los compartimentos de carbono.

Históricamente los conflictos de uso del suelo en las zonas colindantes al páramo de Santa Inés han estado mayormente representados por la incidencia de la ganadería como actividad tradicional en la zona principalmente para los municipios de San José de la Montaña, San Andrés de Cuerquia y Belmira (Polanco López, 2009). Cuando se modifica el uso del suelo en las zonas de páramo, los suelos pierden en primer lugar el carbono almacenado en la vegetación y en la fracción lábil del suelo. En segundo lugar la capacidad de fijación y almacenamiento de carbono que estos ecosistemas prestan se ve disminuida debido a que la compactación reduce la capacidad de crecimiento de la vegetación y por ende el aporte de biomasa a los suelos. Así mismo, la disminución de los espacios porosos contribuye a la pérdida de la acción microbiana, que es la que finalmente garantiza la captura de carbono mediante la formación de compuestos húmicos.

Lo anterior se sustenta también en dos casos de aplicación llevados a cabo en el Parque Nacional Natural de los Nevados y en el Parque Nacional Natural Chingaza respectivamente, donde las cantidades de carbono orgánico encontradas en áreas de páramo sin intervenir con áreas intervenidas durante los años 2007, 2009 y 2010, reportaron mayores acumulaciones de carbono total que las zonas no intervenidas (IDEAM, 2011). Así mismo, el trabajo realizado por García (2003) en los suelos del páramo de Chingaza hace referencia a que el carbono susceptible de ser emitido en caso de modificar el uso del suelo conforma un 20% del carbono total en el mantillo y suelo a 20 cm de profundidad.

4.2 Consideraciones generales de las zonas circundantes

Tomando lo recomendado por GOFC GOLD (2010) para la zona circundante al páramo se debe demostrar la presión existente sobre los límites de las 11.099 hectáreas. Se requiere entonces calcular la evolución que han tenido las actividades que contrarían la vocación de conservación de este territorio a través de verificaciones en campo, análisis de mapas y análisis de imágenes satelitales, siendo estas últimas de especial relevancia. Mediante un estudio retrospectivo y

un seguimiento posterior a la conversión de coberturas es que se podrá establecer la cantidad de hectáreas que efectivamente estarán en peligro y por tanto podrán aplicar al incentivo.

Según Polanco (2011), en Colombia ya han sido realizados dos estudios recientes a partir del análisis de imágenes LANDSAT fechadas en los primeros dos años del 2000. Estos estudios corresponden al mapa de ecosistemas marinos costeros y al mapa de suelos del departamento de Antioquia (Levantamiento Semidetallado de las Coberturas Terrestres del Departamento de Antioquia, Medellín, 2007). Ambos trabajos distinguieron diversas coberturas de suelo y produjeron mapas de coberturas del suelo a escala 1/500.000 y 1/100.000 respectivamente (Polanco López de Mesa, 2011).

El mismo autor realizó una teledetección de la vegetación del Distrito de Manejo Integrado de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño (donde se encuentra inserto el páramo de Santa Inés) con imágenes LANDSAT de los años 1996, 2002 y 2003, que arrojó como resultado un mapa para cada fecha con 2 categorías de uso del suelo: bosque y no bosque (suelo desnudo, pastos, páramo y cultivos). Este trabajo se constituye por tanto en un insumo apropiado para conocer la dinámica espacio temporal que tiene y tendrá la zona (Polanco López de Mesa, 2011).

A pesar de la existencia de este estudio, se reitera que la aplicación de un mecanismo REDD en la zona del páramo de Santa Inés y predios circundantes requiere de un trabajo de campo más exhaustivo que permita la desagregación de las dos clases identificadas (bosque y no bosque), así como la identificación de las zonas que anteriormente presentaban vegetación paramuna.

4.3 Otras consideraciones

Sobre-estimación de reservas

Cuando se hace una diferenciación clara entre el carbono orgánico lábil y el carbono estable en el suelo, se considera el principio conservativo bajo el cual se enmarcan las actividades REDD y MDL (Angelsen, 2009). Dicho en otras palabras no se sobreestima el servicio prestado por los suelos del páramo.

Riesgo de fugas

La cuantificación del riesgo de fugas se hace posterior al establecimiento de la línea base. Sin embargo, para mitigar los riesgos de fugas es común que se apliquen mecanismos de descuento que cubran los costos en caso de la no permanencia o fugas no previstas.

Esta consideración asumiría el riesgo derivado del desplazamiento de la actividad de uso, dada la restricción existente en la zona considerada.

Cuantificación de emisiones evitadas

Aún existen muchos debates en torno a la forma de cuantificación de las emisiones de carbono. Un enfoque hacia el nivel absoluto de reservas, así como un enfoque basado en los cambios de dichas reservas en el suelo puede ser aplicable. No obstante, el enfoque de cambio en las reservas concuerda con la arquitectura actual que tienen los proyectos hasta el momento aprobados por la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático. La estimación de los cambios en las reservas de carbono puede realizarse entonces bajo los dos enfoques mostrados en la Figura 8 (Angelsen, 2009).

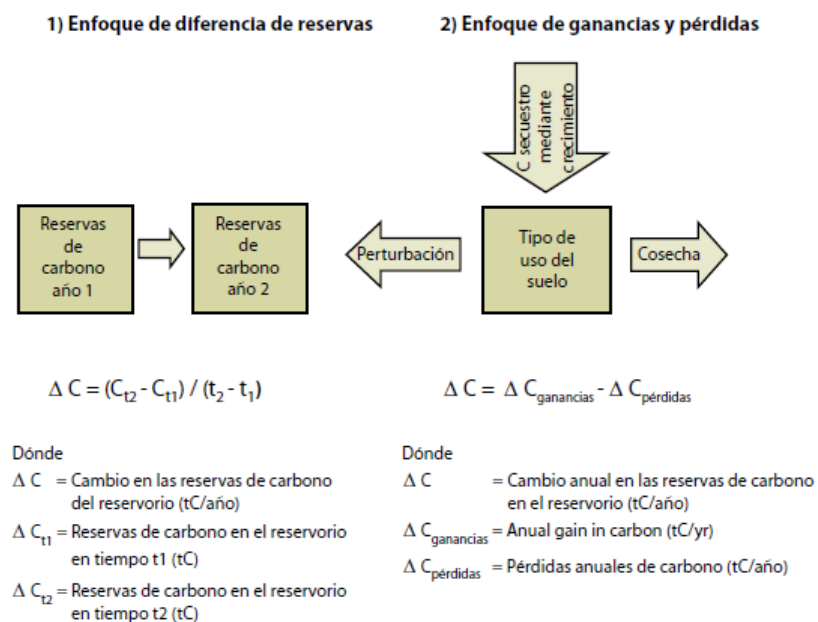


Figura 8. Estimación de los cambios en las reservas de carbono

Tomado de la publicación, Avancemos con REDD: problemas, opciones y consecuencias (Angelsen, 2009)

Logros nacionales

Durante los últimos años el país ha desarrollado todo un marco legal relacionado con el Protocolo de Kyoto y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (Resolución 2734 de 2010). La consecución de recursos por parte de diferentes proyectos es una prueba de la eficiencia del marco político nacional respecto a los estándares y exigencias mundiales.

Desde el año 2007, Colombia se encuentra en una fase de aprestamiento para los proyectos tipo REDD. A pesar de que el enfoque subnacional adoptado por Colombia no prevé metas en términos nacionales, ya existen publicaciones de la mesa REDD Colombia que establecen los lineamientos base que se deberían

tener en cuenta a la hora de formular un proyecto de reducción de emisiones por deforestación y degradación. Entre estos lineamientos se tienen en cuenta la consulta de reglamentación vigente, desarrollo de un estudio de línea base (tasas históricas de deforestación y carbono asociado a las mismas), estudio de las características socioeconómicas de la región, estimación de los beneficios sociales y ambientales obtenidos con el proyecto, y un análisis de costo-eficiencia del mismo (García Guerrero, Ortega, Ruíz Agudelo, Sabogal Mogollón, & Vargas, 2010).

Bajo el esquema subnacional un proyecto desarrollado en el páramo de Santa Inés tendría ventajas respecto a un enfoque REDD nacional, debido a la participación activa de las comunidades rurales en su diseño e implementación y la distribución directa de los recursos obtenidos.

Financiación y Precios de Mercado

Si bien las actividades de reforestación y forestación están consideradas dentro del Protocolo de Kyoto, la Unión Europea rechaza la validez de estos certificados para el cumplimiento de las obligaciones de sus países miembros debido al potencial de no permanencia de esta captura de carbono: el bosque plantado se puede quemar, o el gobierno puede permitir dentro de unos años su tala (Azqueta, Alviar, Domínguez, & O'Ryan, 2007).

Esta situación ha conllevado a que estos proyectos puedan en su mayoría vender los certificados emisiones evitadas únicamente en los mercados voluntarios, donde el precio de los CER (certificados de reducción de emisiones) asociados a actividades de reforestación y forestación se venden a un precio sensiblemente inferior (Azqueta, Alviar, Domínguez, & O'Ryan, 2007).

La publicación de Ecosystem Marketplace (2012) enfatiza que al año 2011 únicamente 18 proyectos forestales estaban inscritos en los mercados obligatorios. En promedio para el año 2011 se emitieron certificados de emisiones evitadas en estos mercados a un precio de \$3.9 USD (\$/t CO₂). Por parte de los mercados voluntarios se emitieron certificados de emisiones por \$1.2 USD (\$/t CO₂) y \$5.6 USD (\$/t CO₂) respectivamente para los mercados CCX (Chicago Climate Exchange) y OTC (Over The Counter) (Peters-Stanley, Hamilton, & Yin, 2012).

En la zona se han hecho varias investigaciones enfocadas a cuantificar los costos de oportunidad que son asumidos por los usuarios al no utilizar sus tierras. Dentro de estas investigaciones resaltan la caracterización del sistema de producción del cultivo de la papa y los sistemas de producción asociados a la actividad lechera, llevadas a cabo durante los años 2007 y 2008 en el marco del proyecto páramo andino. Por otra parte, la publicación Compensaciones económicas ante conflictos de uso del suelo por Jorge Andrés Polanco en el año 2009 calcula el costo que

tendrían las subvenciones de la actividad ganadera en el DMI dada la renta de la tierra (ingresos anuales-ingresos totales anuales) (Polanco López, 2009).

Si bien la implementación de un proyecto para conservar el servicio de captura de carbono en el páramo de Santa Inés podría llegar a vender en el mediano-largo plazo certificados de emisiones reducidas (CER) en los diferentes mercados de carbono, la destinación de estos fondos estaría entonces orientada a cubrir parte de estas subvenciones.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir del estudio de los diferentes trabajos realizados en la zona del páramo de Santa Inés, se identificó la recarga hídrica en 17 cuencas como el principal servicio ecológico para las poblaciones asentadas alrededor de este ecosistema y de grandes concentraciones de población ubicadas en la ciudad de Medellín, mediante el sistema de aprovechamiento múltiple de la cuenca de Río Grande.

Así mismo, el valor paisajístico para la geografía local y regional, la presencia de especies endémicas y amenazadas como el frailejón *Espelettia occidentalis* var. Antioquensis y la especie *Puya roldanii*, la filtración y purificación de aguas y la fijación y captura de carbono fueron reconocidos como otros servicios ecológicos de gran importancia.

Mediante estos análisis y la elaboración de la matriz DOFA, se evidencia también que la realidad del páramo de Santa Inés no es diferente a la de muchos otros en el país. Al tratarse de una zona inmersa en un Distrito de Manejo Integrado, las diferentes zonificaciones (conservación, recuperación para la conservación y producción) se entrecruzan generando conflictos en el uso de la tierra. Es así como las principales amenazas de este páramo son: la ganadería, el aprovechamiento selectivo de especies forestales, la agricultura y la minería a cielo abierto.

El diagnóstico DOFA, junto a los diferentes Planes de Manejo Ambiental que Corantioquia ha realizado para la zona, permitió definir las diferentes estrategias que deberían implementarse en pro de la conservación y recuperación del ecosistema. Se identificaron entonces siete macro estrategias que fueron clasificadas según su enfoque hacia la restauración, la participación social, la sostenibilidad económica y la investigación.

La elección del enfoque hacia la investigación y la sostenibilidad económica para su posterior análisis se sustentó en una consulta a expertos, donde los resultados más representativos se obtuvieron para la estrategia “crear mecanismos que incentiven y estimulen a los propietarios en la conservación del territorio”.

Se partió entonces por elegir los mecanismos de pago por servicios ambientales relacionados con la captura de carbono como la estrategia que podría aplicar eventualmente para la protección de este ecosistema. El estudio de la implementación del Mecanismo de Desarrollo Limpio y los proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación, fue elegido por encima de otros mecanismos de pago por servicios ambientales debido al desarrollo que durante los últimos años han alcanzado los diferentes mercados de carbono a nivel mundial.

Finalmente se determinan las condiciones técnicas que se deben tener en cuenta para el desarrollo de un estudio preliminar de captura de carbono en los suelos del páramo de Santa Inés , teniendo en cuenta el desarrollo administrativo y jurídico que ha tenido el marco REDD y el MDL en el contexto internacional y nacional durante los últimos años.

Los mecanismos asociados a los mercados de carbono representan entonces una gran oportunidad para la consecución de recursos económicos que compensen a los propietarios en zonas ecológicamente estratégicas como los páramos húmedos. La principal fortaleza encontrada para estas estrategias hace referencia al interés por este tipo de iniciativas a nivel global. No obstante, las principales debilidades en su aplicación en suelos se deben principalmente a la dificultad técnica de establecer equivalencias entre el carbono emitido vs el carbono almacenado.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el fin de analizar una estrategia de conservación que dadas sus condiciones fuera ambiental, económica y socialmente viable para su aplicación en el páramo de Santa Inés, se llegó a la conclusión que el enfoque hacia la sostenibilidad económica, específicamente hacia la creación de mecanismos que incentiven y estimulen a los propietarios en la conservación del territorio, se trata de una estrategia de gran importancia y de carácter prioritario.

Históricamente en el país el esquema de pago por servicios ambientales ha sido una herramienta con poca aplicabilidad debido a la debilidad institucional y la dificultad que se tiene en la valoración de los recursos naturales. Los pocos ejercicios realizados en el país para los páramos húmedos responden principalmente a pagos por servicios hídricos.

No obstante, durante los últimos años el mundo ha evolucionado en torno a los proyectos propuestos que reducen emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera. Bajo los principios y metodologías definidas por los mercados voluntarios y obligatorios de carbono, surgidos como consecuencia de las metas de reducción establecidas por los países firmantes del Protocolo de Kyoto, han comenzado a incentivarse en países en vía de desarrollo, proyectos enfocados principalmente al uso de tecnologías limpias en la industria y a la forestación de áreas que no cuentan con cobertura boscosa. Todo esto para promover la reducción de gases contaminantes que se emiten a la atmósfera o aumentar las tasas de captura de carbono en la superficie terrestre.

De todos estos proyectos, aquellos relacionados con la forestación y reforestación de áreas sin cobertura boscosa, han sido los más difíciles de implementar debido a la dificultad socioeconómica de no permanencia de esta captura. Sin embargo, el mundo y el país le siguen apuntando a este esquema. Tanto así que los proyectos enfocados a la reducción de emisiones por deforestación y degradación evitada (REDD) o proyectos de conservación de ecosistemas que se encuentran amenazados, comienzan a tomar fuerza dentro de los mercados voluntarios y los lineamientos establecidos por Colombia desde la Mesa REDD.

A pesar del riesgo de la no permanencia de una actividad de conservación en el largo plazo, es posible afirmar que dada la importancia que tienen los páramos húmedos para la prestación de servicios ecológicos, estos ecosistemas tratarán de ser protegidos bajo el marco legal existente. No obstante, es necesario plantear alternativas que generen ingresos a partir del pago por servicios ambientales y cobro a aquellos que se benefician. De esta manera se compensará a los propietarios que se ven restringidos del uso de sus tierras.

Teniendo en cuenta que la materia orgánica humificada del suelo tiene un tiempo de residencia de cientos de años (mucho mayor a la biomasa forestal), probablemente en el contexto de estos proyectos, los diferentes sumideros de carbono del planeta lleguen a diferenciarse no solo por la cantidad de carbono almacenado, sino por la calidad del mismo. En este marco, las actividades de conservación de los suelos de los humedales (específicamente de los páramos húmedos) que acumulan grandes cantidades de materia orgánica o carbono son de especial importancia.

El principal reto para la implementación de estos incentivos lo es el levantamiento de la línea base. El estado actual de la investigación en dinámicas de captura de carbono en los suelos de alta montaña es apenas incipiente en el país. Por lo tanto, los estudios a realizar bajo esta óptica deberán tener en consideración la diferenciación entre los tipos de carbono, muestreos estadísticos, cuantificación de tasas de captura y condiciones específicas de los territorios, entre otros.

Así como en este trabajo se vislumbra la posibilidad de obtener recursos económicos a través de la protección del suelo como sumidero de CO₂, se hace necesario entonces que todas estas acciones y esfuerzos de investigación realizados en los páramos húmedos, como el caso de diferentes corredores biológicos ya planteados, puedan integrarse a otros estudios realizados.

Finalmente los instrumentos económicos constituyen una herramienta muy importante para la conservación y restauración de los ecosistemas. Sin embargo, otro tipo de medidas como las educativas e informativas, orientadas a cambiar las conductas y desinformación del tema, seguirán teniendo una enorme importancia.

A partir de este proyecto se recomienda generar investigaciones encaminadas a la caracterización de zonas estratégicas en el país en cuanto al contenido de materia orgánica fraccionada en diferentes períodos de tiempo, como parte fundamental del desarrollo de una línea base para el estudio de los suelos como sumideros de carbono.

Del mismo modo se recomiendan estudios que consideren las dinámicas existentes entre la fijación de carbono ocurrida a nivel de la vegetación y el almacenamiento posterior que ocurre en los suelos debido a dicho aporte.

BIBLIOGRAFÍA

- Ángel Sanint, E. (2000). *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones ambientales*. Bogotá.
- Ángel, A. (s.f). *Revista el Viajero*. Recuperado el 15 de Agosto de 2011, de http://www.revistaelviajero.com/index.php?option=com_content&view=article&id=92:el-paramo-de-belmira-un-cruce-de-caminos&catid=9:ecoturismo&Itemid=9
- Angelsen, A. (. (2009). *Avancemos con REDD: problemas, opciones y consecuencias*. Bogor.
- Azqueta, D., Alviar, M., Domínguez , L., & O'Ryan , R. (2007). *Introducción a la economía ambiental*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Bejarano, J., & Castañeda Pinzón, E. (22 de Mayo de 2011). *Colombia incursiona en mercados voluntarios porque pagan mejor*. Recuperado el 19 de Octubre de 2012, de http://www.consejoderedaccion.org/sitio/CdR_documents/actividades/bonos_carbono_2010/COLOMBIA.pdf
- Bohn, H., McNeal, B., & O'Connor, G. (1993). *Química del suelo*. Ciudad de México: Limusa.
- Buytaert, W., & De Bievre, B. (s.f). *Mecanismo de Información de Páramos*. Recuperado el 17 de Marzo de 2011, de http://www.paramo.org/files/hidrologia_paramo.pdf
- Colonia García, O., Moná García, D., & Arango Ortiz, L. (2011). *Modelación de un corredor biológico con fines de conservación para el DMI des SPBANMA*. Medellín.
- Corantioquia. (2002). *Experiencias en el Ordenamiento Ambiental del Territorio*. Medellín.
- Corantioquia. (2007). *Atlas de páramos de Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Correa, A. L. (s.f). *El Distrito de Manejo Integrado del Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio de Antioquia: Retos y Perspectivas*. Medellín.
- De Petre, A., Ola Karlin, U., Ali, S., & Reynero, N. (s.f). *Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Argentina)*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2012, de <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PBVyAP/File/A3/PIARFON%20MyE/Captura%20de%20carbono.pdf>
- Facultad de Ciencias Exáctas y Naturales, UNLPam. (s.f). *Catedras edafología*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2012, de

<http://www.exactas.unlpam.edu.ar/academica/catedras/edafologia/practicos/mo-04.htm>

García Guerrero, A., Ortega, S., Ruíz Agudelo, C., Sabogal Mogollón, J., & Vargas, J. (2010). *Deforestación Evitada. Una Guía REDD+ Colombia*. Bogotá.

García Pontilla, J. (Diciembre de 2003). Recuperado el 28 de Octubre de 2011, de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis01.pdf>

GOFC GOLD. (2010). *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forest, and forestation*. Alberta.

Gómez Orea, D. (2007). *Evaluación ambiental estratégica*. Madrid: Mundi-Prensa.

Grisales Botero, M. (2001). *Identificación y valoración de los sistemas productivos existentes en el área de manejo especial del sistema de páramos y bosques altoandinos del noroccidente medio antioqueño con el fin de establecer mecanismos de compensación*. Medellín.

Humboldt, I. A., & Corantioquia. (2012). *Plan de manejo ambiental del páramo de Santa Inés*. Medellín.

IDEAM. (2011). *Monitoreo a los ciclos de agua y carbono en ecosistemas de alta montaña*. Bogotá.

IGAC. (2007). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras, Antioquia*. Bogotá.

Instituto Alexander von Humboldt. (s.f). Recuperado el 28 de Octubre de 2011, de http://www.humboldt.org.co/iavh/documentos/Concepto_Tecnico_IAVH_2400-2-21420-Santurban.pdf

Matthews, E., Payne, R., Rohweder, M., & Murray, S. (Noviembre de 2000). *World Resources Institute*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2012, de <http://www.wri.org/publication/pilot-analysis-global-ecosystems-forest-ecosystems>

MAVDT. (Octubre de 2009). *PowerShow*. Recuperado el 30 de Octubre de 2011, de http://www.powershow.com/view/2887c7-YWFIZ/Presentacin_Gestion_Paramos_flash_ppt_presentation

Mecanismo de Información de Páramos. (s.f). Recuperado el 28 de Octubre de 2011, de <http://www.paramo.org/content/%C2%BFqu%C3%A9-son-los-p%C3%A1ramos>

Morales, M., Otero, J., van der Hammen, T., Torres, A., Cadena, C. E., Pedraza, C. A., y otros. (2007). *Atlas de páramos de Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Ortiz, L. A., & Reyes, M. A. (Octubre de 2009). *Universidad Sergio Arboleda*. Recuperado el 6 de Marzo de 2011, de http://www.usergioarboleda.edu.co/observatorio_economico/Observatorio%20Ambiental/paramos-colombia.pdf
- Parra Molina, L., & Valencia Rodríguez, A. (1998). *Las comunidades arbustivas del páramo de Sabanas (Alto el Morro) y su relación con algunas variables del suelo*. Medellín.
- Peters-Stanley, M., Hamilton, K., & Yin, D. (Noviembre de 2012). *Leveraging the Landscape: State of the forest carbon markets 2012*. Recuperado el Noviembre de 2012, de http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_3242.pdf
- Polanco López de Mesa, J. A. (2011). Teledetección de la vegetación del páramo de Belmira con imágenes LANDSAT. *Gestión y Ambiente*, 14(1), 117-128.
- Polanco López, J. A. (2009). Compensaciones económicas ante conflictos de uso del suelo. *Cuadernos de Economía*, 28(50), 279-316.
- Ponce, E. (s.f). *Banco de La República*. Recuperado el 28 de Octubre de 2011, de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/congresoparamo/marco-juridico.pdf>
- Ramírez, C. (2009). *Estructuración del Plan Integral de Manejo del Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Antioqueño*. Medellín.
- Rangel, J. (s.f). *Universidad Nacional*. Recuperado el 28 de Octubre de 2011, de <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=%22rangel%20lowy%20%20aguilar%20paramos&source=web&cd=8&sqi=2&ved=0CEoQFjAH&url=http%3A%2F%2Fwww.revistas.unal.edu.co%2Findex.php%2Fpalimpsestvs%2Farticle%2Fdownload%2F8083%2F8727&ei=xCOTrKyJYTQgAfNzKDgDw&usg=AFQ>
- Sánchez Herrera, H., & Correa Silva, A. (5 de Noviembre de 2010). Caracterización y Normativa del Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño. Medellín.
- Serna Sánchez, E. (2005). *Plantas de pajojal como indicadores de propiedades del suelo en el páramo de Belmira, Antioquia*. Medellín.
- Sguerra, S., Bejarano, P., Rodríguez, O., Blanco, J., Jaramillo, O., & San clemente, G. (2011). *Corredor de conservación: Chingaza-Sumapaz-Guerrero. Resultados del Diseño y Lineamientos de Acción*. Bogotá.
- Valencia Gil, J. (11 de Septiembre de 2012). No hay minería en el páramo de Belmira: Corantioquia. *El Colombiano*.
- Vallejo Rendón, Á. (2012). Proyectos forestales y mercados de carbono. *Directorio Forestal Maderero*, 118-123.

ANEXO 1

Consulta Realizada

Instrucción: calificar de 1 a 5 (siendo 5 la máxima calificación) la prioridad, aplicabilidad e importancia de cada una de las estrategias propuestas para la restauración y conservación del Páramo de Santa Inés (celdas grises).

Prioridad: necesidad de implementación de una estrategia respecto a las otras

Aplicabilidad: facilidad de implementación dadas las condiciones de la zona

Importancia: relevancia que tiene una estrategia

	Criterios		
	Prioridad	Aplicabilidad	Importancia
Enfoque hacia la restauración Mediante un corredor biológico se pretende propiciar la conectividad ecológica de lugares extremos del páramo			
Estrategias			
Adquisición de predios			
Incentivar procesos de regeneración natural Implementación de herramientas de restauración como son: aislamientos de cauces naturales, barreras vivas, siembra de especies suelos desnudos o conservación de la sucesión ecológica.			
Enfoque hacia la sostenibilidad económica			
Estrategias			
Crear mecanismos que incentiven y estimulen a los propietarios en la conservación del territorio Se deben valorar económicamente los servicios ecológicos asociados al páramo para crear mecanismos que propicien la conservación del páramo. Entre ellos se pueden considerar: disminución de impuestos, pagos por servicios ambientales, conservación del recurso hídrico (creación de fondos de agua), reducción de emisiones derivadas de la deforestación y degradación ambiental (REDD, REDD +) y reforestación (proyectos MDL o mecanismo de desarrollo limpio)			
Implementar prácticas de producción agropecuaria y de manejo de recursos sostenibles con personas que poseen terrenos aledaños al sistema de páramos			
Enfoque hacia la participación social			
Estrategia			
Fortalecer la educación ambiental y los vínculos con la comunidad cercana a la zona de interés. Se pretende que la población entienda la necesidad de proteger el páramo.			
Desarrollar actividades de bajo impacto para el ecosistema relacionadas con el ecoturismo y el turismo científico			
Enfoque hacia la investigación			
Estrategias			
Incentivar la investigación relacionada con el conocimiento del ecosistema y los bienes y servicios ambientales que genera el páramo			

ANEXO 2

Resultados consultas

	Entrevistado 1			Entrevistado 2			Entrevistado 3			Entrevistado 4		
	Prioridad	Aplicabilidad	Importancia	Prioridad	Aplicabilidad	Importancia	Prioridad	Aplicabilidad	Importancia	Prioridad	Aplicabilidad	Importancia
3.1.1	3,5	3,5	4,5	3,5	3,5	4,5	2,5	2,5	3	3	1,5	3,5
3.1.1.1	3	3	4	4	2	5	1	2	1	3	1	4
3.1.1.2	4	4	5	3	5	4	4	3	5	3	2	3
3.1.2	3,5	3,5	4	4,5	3,5	5	4	3	4,5	4	2,5	4
3.1.2.1	3	4	4	5	3	5	5	3	5	5	3	5
3.1.2.2	4	3	4	4	4	5	3	3	4	3	2	3
3.1.3	3,5	4,5	4,0	3,0	5,0	4,0	4,5	4,0	4,0	2,0	2,0	2,0
3.1.3.1	5	4	5	4	5	4	5	4	4	3	3	3
3.1.3.2	2	5	3	2	5	4	4	4	4	1	1	1
3.1.4	5	4	5	3	4	4	4	4	5	4	3	5
3.1.4.1	5	4	5	3	4	4	4	4	5	4	3	5

Resultados consultas

	Entrevistado 5			Entrevistado 6			Entrevistado 7		
	Prioridad	Aplicabilidad	Importancia	Prioridad	Aplicabilidad	Importancia	Prioridad	Aplicabilidad	Importancia
3.1.1	3,5	4	3,5	4	4	4,5	4,5	2	4
3.1.1.1	3	4	3	3	4	4	4	2	4
3.1.1.2	4	4	4	5	4	5	5	2	4
3.1.2	5	4	4,5	4	3,5	5	4	3	4,5
3.1.2.1	5	4	5	4	3	5	4	2	5
3.1.2.2	5	4	4	4	4	5	4	4	4
3.1.3	4,5	3,0	4,0	4,0	4,5	4,0	4,0	3,0	3,5
3.1.3.1	5	2	4	5	5	5	5	4	5
3.1.3.2	4	4	4	3	4	3	3	2	2
3.1.4	4	4	4	5	5	4	4	3	3
3.1.4.1	4	4	4	5	5	4	4	3	3



ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA

ACTA DE EVALUACIÓN FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Fecha: (dd/mm/aa)	21/Noviembre/2012									
Nombre del proyecto:	Propuesta de una estrategia para la conservación del páramo de Santa Inés.									
Director del proyecto:	Adriana María Quinchía Figueroa									
	<table border="1"> <tr> <td>Nombre del estudiante</td> <td>Programa académico</td> </tr> <tr> <td>Laura García Vélez</td> <td>Ingeniería Ambiental</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Nombre del estudiante	Programa académico	Laura García Vélez	Ingeniería Ambiental					
Nombre del estudiante	Programa académico									
Laura García Vélez	Ingeniería Ambiental									
Nombre del Jurado:	Jorge Andrés Polanco									
Evaluación del proyecto: Espacio exclusivo para jurado										
___ No aprobado ___ Aprobado sin mención <u>X</u> con Mención Pública ___ con Mención honorífica ___ Trabajo laureado										
Justificación del reconocimiento: (Artículo 28 del Acuerdo 11: "El director del Programa presentará el acta final de evaluación al Consejo Académico, donde consta la solicitud de mención especial debidamente justificada y el Consejo determinará si se otorga o no"). La justificación debe tener mínimo 500 palabras.										

DIRECTOR DEL PROGRAMA
Santiago Jaramillo Jaramillo

JURADO (Si lo hubo)
Jorge Andrés Polanco

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO
Adriana Quinchía Figueroa

JURADO (Si lo hubo)